

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Definisi, Klasifikasi Jalan dan Bagian-Bagian Jalan

2.1.1 Definisi jalan

Berdasarkan UU RI No 38 Tahun 2004 tentang Jalan mendefinisikan jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel.

Sedangkan berdasarkan UU RI No 22 Tahun 2009 tentang Lalu lintas dan Angkutan Jalan yang diundangkan setelah UU No 38 mendefinisikan jalan adalah seluruh bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi Lalu lintas umum, yang berada pada permukaan tanah, diatas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan rel dan jalan kabel.

Prasarana lalu lintas dan angkutan jalan adalah ruang lalu lintas, terminal dan perlengkapan jalan yang meliputi marka, rambu, alat pemberi isyarat lalu lintas, alat pengendali dan pengamanan pengguna jalan, alat pengawasan dan pengamanan jalan serta fasilitas pendukung.

2.1.2 Klasifikasi kelas jalan

Berdasarkan TPGJAK (1997), klasifikasi jalan terbagi menjadi :

a. Klasifikasi menurut fungsi jalan yaitu terbagi atas :

1) Jalan Arteri

Jalan Arteri adalah jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-cirinya seperti perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.

2) Jalan Kolektor

Jalan Kolektor merupakan jalan yang melayani angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.

3) Jalan Lokal

Jalan Lokal adalah jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

b. Klasifikasi menurut kelas jalan

Pada SNI tentang Teknik Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota 1997, kelas jalan dijelaskan sebagai berikut :

- 1) Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton.
- 2) Klasifikasi menurut kelas jalan dan ketentuannya serta kaitannya dengan klasifikasi menurut fungsi jalan dapat dilihat dalam tabel 2.1

Tabel 2.1 Klasifikasi menurut Kelas Jalan

Klasifikasi fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat MST (ton)
Arteri	I	> 10
	II	10
	III A	8
Kolektor	III A	8
	III B	

(Sumber : Teknik Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota 1997; 4)

c. Klasifikasi menurut medan jalan

- 1) Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus kontur.

- 2) Klasifikasi menurut medan jalan untuk perencanaan geometrik dapat dilihat pada tabel 2.2

Tabel 2.2 Golongan Medan

Golongan Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
Datar	D	< 3
Perbukitan	B	3 - 25
Pegunungan	G	> 25

(Sumber : Teknik Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota 1997; 5)

- d. Klasifikasi menurut pengawasannya

Klasifikasi jalan menurut wewenang pembinaannya sesuai PP. No 34/2006 pasal 25 adalah jalan Nasional, jalan Provinsi, jalan Kabupaten, jalan Kota dan jalan Desa.

2.1.3 Bagian-bagian jalan

- a. Daerah Manfaat Jalan (DAMAJA)

Daerah Manfaat Jalan (DAMAJA) dibatasi oleh :

- 1) Lebar antara batas ambang pengaman konstruksi jalan di kedua sisi jalan,
- 2) Tinggi 5 meter di atas permukaan perkerasan pada sumbu jalan, dan
- 3) Kedalaman ruang bebas 1,5 meter di bawah muka jalan.

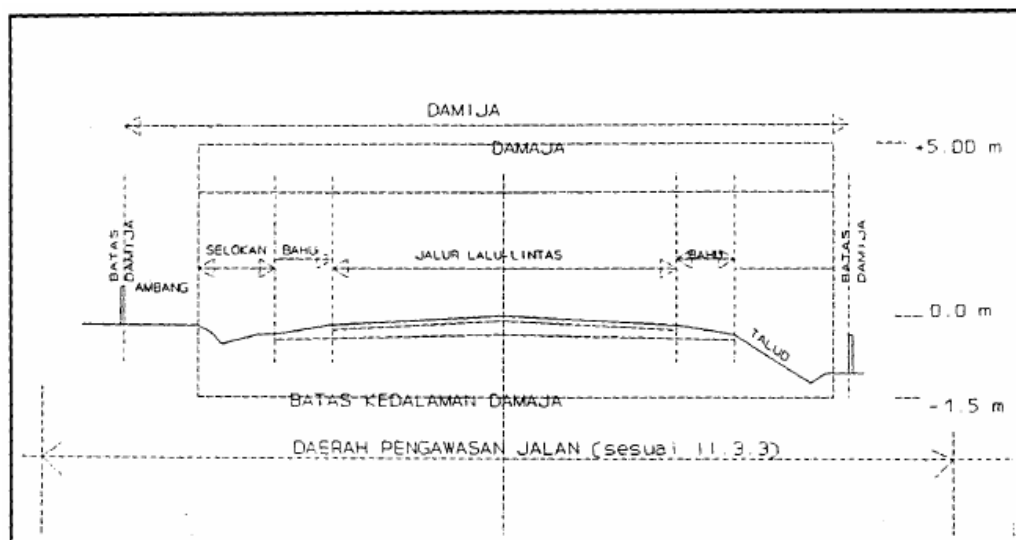
- b. Daerah Milik Jalan (DAMIJA)

Ruang Daerah Milik Jalan (Damija) dibatasi oleh lebar yang sama dengan Damaja ditambah ambang pengaman konstruksi jalan dengan tinggi 5 meter dan kedalaman 1.5 meter

c. Daerah Pengawasan Jalan (DAWASJA)

- 1) Ruang Daerah Pengawasan Jalan (Dawasja) adalah ruang sepanjang jalan di luar Damaja yang dibatasi oleh tinggi dan lebar tertentu, diukur dari sumbu jalan sebagai berikut:
 - a) Jalan Arteri minimum 20 meter,
 - b) Jalan Kolektor minimum 15 meter,
 - c) Jalan Lokal minimum 10 meter.
- 2) Untuk keselamatan pemakai jalan, Dawasja di daerah tikungan ditentukan oleh jarak bebas.

Bagian jalan dapat dilihat pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Damaja, Damija dan Dawasja dilingkungan jalan antar kota

2.2 Perencanaan Geometrik

2.2.1 Pengertian

Shirley L.Hendarsin (2000) perencanaan geometric jalan adalah perencanaan rute dari suatu ruas jalan secara lengkap, meliputi beberapa elemen yang disesuaikan

dengan kelengkapan dan data dasar yang ada atau tersedia dari hasil survey lapangan dan telah dianalisis, serta mengacu kepada ketentuan yang berlaku.

Yang menjadi dasar perencanaan geometrik adalah gerakan dan ukuran kendaraan, sifat pengemudi dalam mengendalikan gerak kendaraannya, dan karakteristik lalu lintas. Hal-hal tersebut haruslah menjadi bahan dalam pertimbangan perencanaan agar perencanaan yang bertujuan untuk mendapatkan keamanan, kenyamanan serta efisiensi waktu dan biaya dalam berlalu lintas dapat tercapai.

2.2.2 Kriteria perencanaan

Dalam perencanaan geometrik terdapat beberapa kriteria perencanaan seperti kendaraan rencana, satuan mobil penumpang, volume lalu lintas, kecepatan rencana, dan jarak pandang. Kriteria tersebut merupakan penentu tingkat kenyamanan dan keamanan yang dihasilkan oleh suatu bentuk geometrik jalan.

a. Kendaraan rencana

Kendaraan rencana (*design vehicle*), adalah kendaraan dengan berat, dimensi dan karakteristik operasi tertentu yang digunakan untuk perencanaan jalan, agar dapat menampung kendaraan dari titik yang direncanakan. (Ir. Hamirhan Saodang MSCE, 2004).

Kendaraan rencana dikelompokkan dalam 3 kategori :

- 1) Kendaraan kecil, diwakili oleh mobil penumpang.
- 2) Kendaraan sedang, diwakili oleh truk 3 as tandem atau bus besar.
- 3) Kendaraan besar, diwakili oleh truk semi trailer.

Dimensi kendaraan rencana dapat dilihat pada Tabel 2.3

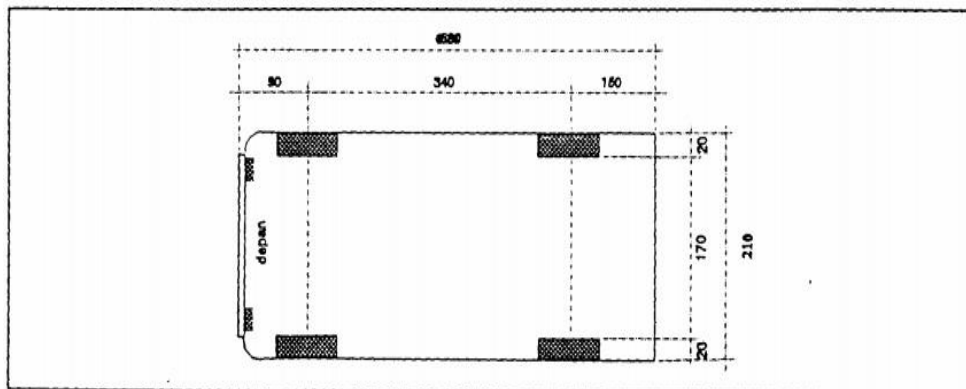
b. Satuan Mobil Penumpang

Satuan mobil penumpang (SMP) adalah jumlah mobil penumpang, yang digantikan tempatnya oleh kendaraan jenis lain, dalam kondisi jalan, lalu lintas dan pengawasan yang berlaku. (Ir. Hamirhan Saodang MSCE, 2004).

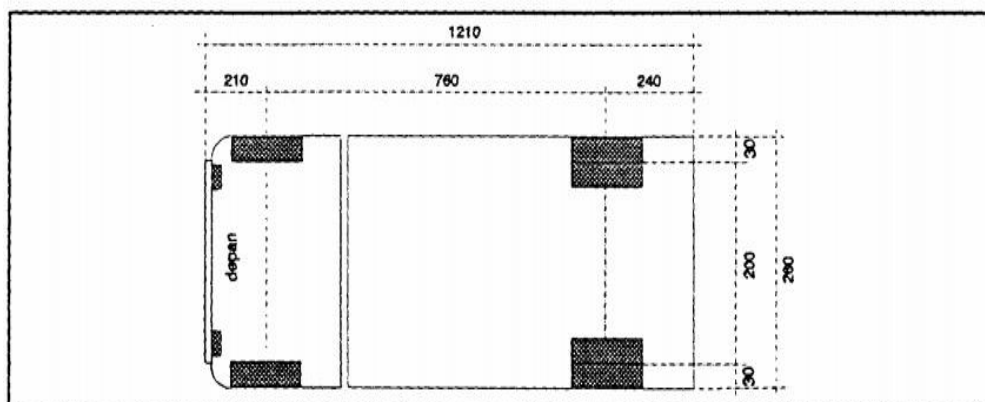
Tabel 2.3 Dimensi Kendaraan Rencana

Kategori Kendaraan Rencana	Dimensi kendaraan (cm)			Tonjolan Kendaraan (cm)		Radius Putar		Radius Tonjolan (cm)
	T	L	p	D	B	Min	Max	
Kendaraan Kecil	130	210	580	90	150	420	730	780
Kedaraan Sedang	410	260	1210	210	240	740	1280	1410
Kendaraan Besar	410	260	2100	120	90	290	1400	1370

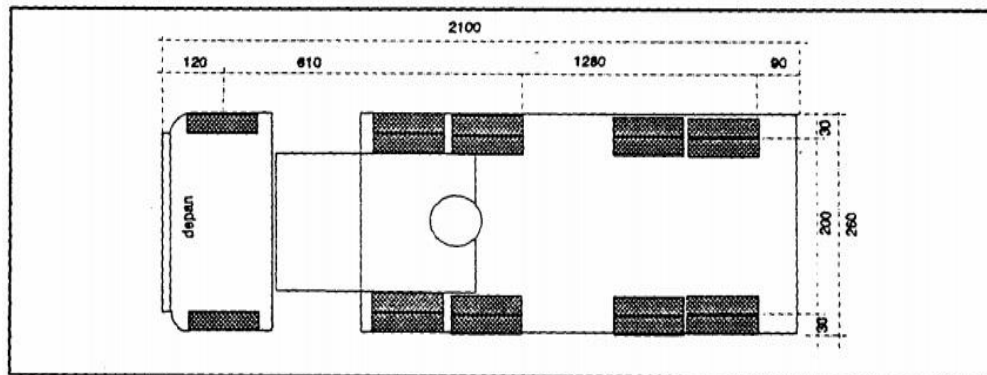
(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Raya Antar Kota No 038/T/BM/1997; 6)



Gambar 2.2 Dimensi kendaraan kecil



Gambar 2.3 Dimensi kendaraan sedang



Gambar 2.4 Dimensi kendaraan besar

c. Volume Lalu Lintas

Sebagai pengukur jumlah dari arus lalu lintas digunakan volume, volume lalu lintas menunjukkan jumlah kendaraan yang melintasi satu titik pengamatan dalam satu satuan waktu (hari, jam, menit). Volume lalu lintas yang tinggi membutuhkan lebar perkerasan jalan yang lebih besar, sehingga tercipta kenyamanan dan keamanan, namun apabila jalan terlalu lebar untuk volume lalu lintas rendah cenderung membahayakan, karena pengemudi cenderung mengemudikan kendaraannya pada kecepatan yang lebih tinggi sedangkan kondisi jalan belum tentu memungkinkan. Dan disamping itu mengakibatkan peningkatan biaya pembangunan jalan yang jelas tidak pada tempatnya.

Satuan volume lalu lintas yang umum dipergunakan sehubungan dengan penentuan jumlah dan lebar lajur adalah :

1) Lalu lintas Harian Rata-rata (LHR)

LHR adalah volume lalu lintas rata-rata dalam satu hari. LHR diperoleh dari analisa data survei asal-tujuan dan volume lalu lintas disekitar jalan tersebut.

Lalu lintas harian rata-rata dihitung menggunakan rumus berikut :

$$LHR = \frac{\text{Jumlah lalu lintas selama pengamatan}}{\text{Lamanya pengamatan}} \dots\dots\dots (2.1)$$

2) Volume Jam Perencanaan.

Arus lalu lintas yang bervariasi dari jam ke jam dalam satu hari menyebabkan diperlukannya perencanaan volume lalu lintas dalam satu jam, perencanaan tersebut dinamakan volume jam perencanaan.

Volume Jam perencanaan dinyatakan dalam satuan SMP/Jam dan dihitung menggunakan rumus :

$$VPJ = K \times LHR \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana, K adalah faktor volume lalu lintas jam sibuk. Nilai K dapat bervariasi antara 10 – 15 % untuk jalan antar kota, sedangkan untuk jalan dalam kota faktor K akan lebih kecil (TPGJA, 1997:10)

3) Kapasitas.

Kapasitas adalah jumlah kendaraan maksimum yang dapat melewati suatu penampang jalan pada jalur jalan selama satu jam dengan kondisi serta arus lalu lintas tertentu (Sukirman, 1994). Nilai kapasitas dapat diperoleh dari penyesuaian kapasitas dasar/ideal dengan kondisi dari jalan yang direncanakan.

d. Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana (VR), pada suatu ruas jalan adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan yang memungkinkan kendaraan – kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca yang cerah, lalu lintas yang lengang, dan pengaruh samping jalan yang tidak berarti (Sukirman, 1994).

Tabel 2.4 Kecepatan Rencana

Fungsi	Kecepatan Rencana, Vr (Km/jam)		
	Datar	Bukit	Pengunungan
Arteri	70 – 120	60 – 80	40 – 70
Kolektor	60 – 90	50 – 60	30 – 50
Lokal	40 – 70	30 – 50	20 – 30

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Raya Antar Kota
No 038/T/BM/1997; 11)

Untuk kondisi medan yang sulit, kecepatan rencana (V_r) suatu segmen jalan dapat diturunkan dengan syarat bahwa penurunan tersebut tidak lebih dari 20km/jam.

2.2.3 Jarak pandang

Jarak pandang adalah suatu jarak yang diperlukan oleh seorang pengemudi pada saat pengemudi pada saat mengemudi sedemikian rupa, sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan, pengemudi dapat melakukan sesuatu (antisipasi) untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman. (Shirley L.Hendarsin, 2000). Jarak pandangan terdiri dari :

a. Jarak pandang henti (J_h)

Jarak pandang henti adalah jarak yang diperlukan oleh pengemudi kendaraan untuk menghentikan kendarannya. Guna memberikan keamanan pada pengemudi kendaraan, maka disetiap panjang jalan harus memiliki jarak pandang henti minimum.

Jarak pandang henti minimum adalah jarak minimum yang diperlukan oleh setiap pengemudi untuk menghentikan kendaraannya dengan aman begitu melihat adanya halangan didepan. Setiap titik sepanjang jalan harus memenuhi ketentuan J_h .

J_h diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan 15 cm diukur dari permukaan jala. J_h terdiri atas dua elemen jarak, yaitu :

- 1) Jarak tanggap (J_{ht}) adalah jarak yang di tempuh oleh kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem.
- 2) Jarak pengereman (J_{hm}) adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti.

Tabel 2.5 Jarak Pandang Henti (Jh) minimum

V _r (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jh minimum (m)	250	175	120	75	55	40	27	16

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota 1997; 27)

b. Jarak pandang mendahului (Jd)

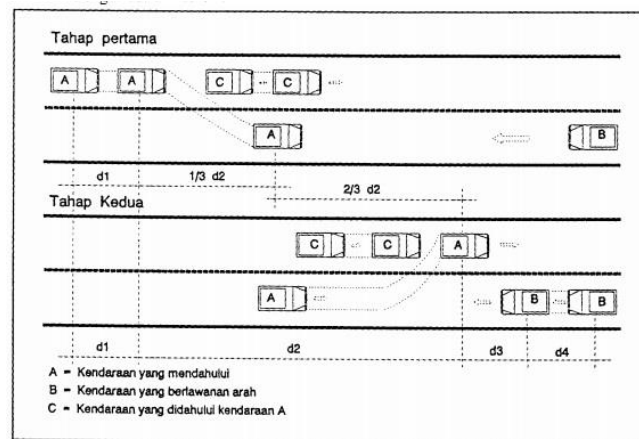
Jarak pandang mendahului adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain didepannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur semula (Shirley L.Hendarsin, 2000)

Tabel 2.6 Jarak Pandang Mendahului (Jd)

V _r (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jd minimum (m)	800	670	550	350	250	200	150	100

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota 1997; 28)

Jd diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan adalah 15 cm.



Gambar 2.5 Jarak Pandang Mendahului

Jd dalam satuan meter ditentukan sebagai berikut

$$Jd = d1 + d2 + d3 + d4 \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

d1 = Jarak yang ditempuh selama waktu reaksi oleh kendaraan yang hendak mendahului dan membawa kendaraannya yang hendak membelok ke lajur kanan.

- d_2 = Jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang mendahului selama berada dalam lajur kanan.
- d_3 = Jarak bebas yang ada antara kendaraan yang berlawanan arah setelah gerakan mendahului dilakukan.
- d_4 = Jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang berlawanan arah selama $\frac{2}{3}$ dari waktu yang diperlukan oleh kendaraan mendahului berada pada lajur sebelah kanan atau sama dengan $\frac{2}{3} d_2$.

2.3 Komponen Penampang Melintang

2.3.1 Jalur lalu lintas

- a. Jalur lalu lintas adalah bagian jalan yang dipergunakan untuk lalu lintas kendaraan yang secara fisik berupa perkerasan jalan.

Batas jalur lalu lintas dapat berupa:

- 1) Median
- 2) Bahu
- 3) Trotoar
- 4) Pulau jalan
- 5) Separator.

- b. Jalur lalu lintas dapat terdiri dari berbagai berbagai lajur
- c. Jalur lalu lintas dapat terdiri atas beberapa tipe (1) 1 jalur-2 lajur-2 arah (2/2 TB)

- 1) 1 jalur-2 lajur-1 arah (2/1 TB)
- 2) 2 jalur-4 lajur-2 arah (4/2 B)
- 3) 2 jalur-n lajur-2 arah ($n \geq 2$ B), di mana n = jumlah lajur.

Keterangan: TB = tidak terbagi.

B = terbagi

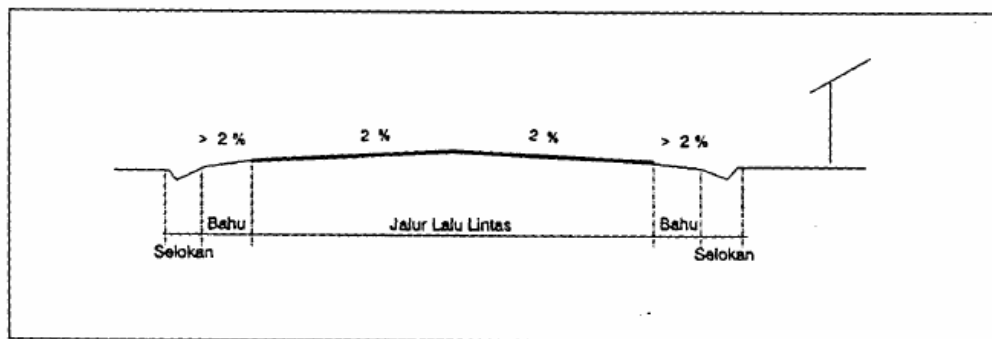
- d. Lebar Jalur

- 1) Lebar jalur sangat ditentukan oleh jumlah dan lebar lajur peruntukannya. Tabel 2.7 menunjukkan lebar jalur dan bahu jalan sesuai VLHR-nya.

- 2) Lebar jalur minimum adalah 4.5 meter, memungkinkan 2 kendaraan kecil saling berpapasan. Papasan dua kendaraan besar yang terjadi sewaktu-waktu dapat menggunakan bahu jalan.

2.3.2 Lajur

- Lajur adalah bagian jalur lalu lintas yang memanjang, dibatasi oleh marka lajur jalan, memiliki lebar yang cukup untuk dilewati suatu kendaraan bermotor sesuai kendaraan rencana.
- Lebar lajur tergantung pada kecepatan dan kendaraan rencana, yang dalam hal ini dinyatakan dengan fungsi dan kelas jalan seperti ditetapkan dalam Tabel 2.7
- Jumlah lajur ditetapkan dengan mengacu kepada MKJI berdasarkan tingkat kinerja yang direncanakan, di mana untuk suatu ruas jalan dinyatakan oleh nilai rasio antara volume terhadap kapasitas yang nilainya tidak lebih dari 0.80.
- Untuk kelancaran drainase permukaan, lajur lalu lintas pada alinemen lurus memerlukan, kemiringan melintang normal sebagai berikut :
 - 2-3% untuk perkerasan aspal dan perkerasan beton
 - 4-5% untuk perkerasan kerikil.



Gambar 2.6 Kemiringan melintang jalan normal

Tabel 2.7 Penentuan lebar jalur dan bahu jalan

VLHR (smp/hr)	Arteri				Kolektor				Lokal			
	Lebar	Lebar	Lebar	Lebar	Lebar	Lebar	Lebar	Lebar	Lebar	Lebar	Lebar	Lebar
	Jalur (m)	Bahu (m)	Jalur (m)	Bahu (m)	Jalur (m)	Bahu (m)	Jalur (m)	Bahu (m)	Jalur (m)	Bahu (m)	Jalur (m)	Bahu (m)
< 3.000	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,0	4,5	1,0
3.000- 10.000	7,0	2,0	6,0	1,5	7,0	1,5	6,5	1,5	7,0	1,5	6,0	1,0
10.001- 25.000	7,0	2,0	7,0	2,0	7,0	2,0	**)	**))	-	-	-	-
>25.000	$2n \times 3,5^*)$	2,5	$2n \times 7,0^*)$	2,0	$2n \times 3,5^*)$	2,0	**))	**))	-	-	-	-

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota 1997; 16)

Keterangan : **) = Mengacu persyaratan ideal

*) = 2 jalur terbagi, masing-masing $n \times 3,5$ m, dimana n = jumlah lajur per jalur

- = tidak ditentukan

Tabel 2.8 Lebar lajur ideal

Fungsi	Kelas	Lebar Lajur Ideal (m)
Arteri	I	3,75
	II, III A	3,50
Kolektor	III A, III B	3,00
Lokal	III C	3,00

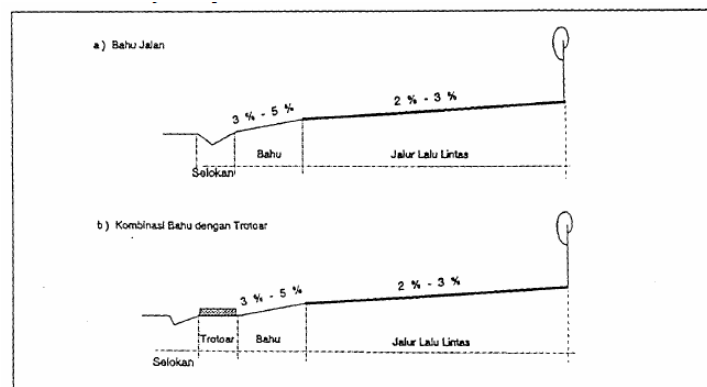
(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota 1997; 17)

2.3.3 Bahu jalan

- a. Bahu jalan adalah bagian jalan yang terletak di tepi jalur lalu lintas dan harus diperkeras (lihat gambar 2.7).

Fungsi bahu jalan adalah sebagai berikut:

- 1) Lajur lalu lintas darurat, tempat berhenti sementara, dan atau tempat parkir darurat;
 - 2) Ruang bebas samping bagi lalu lintas; dan
 - 3) Penyangga sampai untuk kestabilan perkerasan jalur lalu lintas.
- b. Kemiringan bahu jalan normal antara 3 - 5%
- c. Lebar bahu jalan dapat dilihat dalam tabel 2.7



Gambar 2.7 Bahu jalan

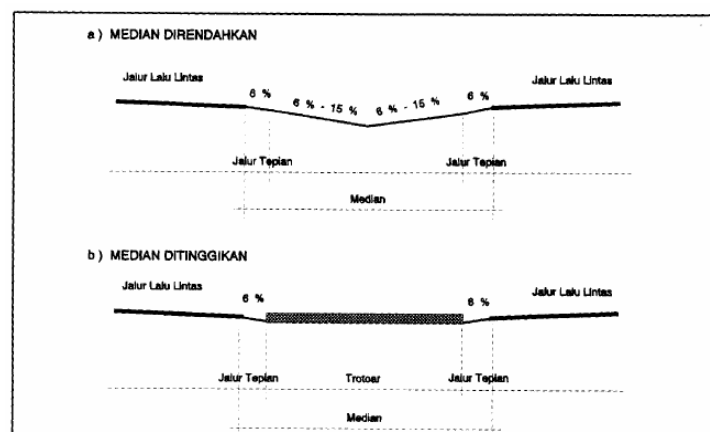
2.3.4 Median

- a. Median adalah bagian bangunan jalan yang secara fisik memisahkan dua jalur lalu lintas yang berlawanan arah.
- b. Fungsi median adalah untuk:
 - 1) Memisahkan dua aliran lalu lintas yang berlawanan arah
 - 2) Tempat tunggu penyeberang jalan
 - 3) Penempatan fasilitas jalan
 - 4) Tempat prasarana kerja sementara
 - 5) Penghijauan
 - 6) Tempat berhenti darurat (jika cukup luas)
 - 7) Cadangan lajur (jika cukup luas)
 - 8) Mengurangi silau dari sinar lampu kendaraan dari arah yang berlawanan.
- c. Jalan 2 arah dengan 4 lajur atau lebih perlu dilengkapi median.

Tabel 2.9 Lebar minimum median

Bentuk Median	Lebar minimum (m)
Median ditinggikan	2,0
Median direndahkan	7,0

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota 1997; 19)



Gambar 2.8 Median direndahkan dan ditinggikan

2.4 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal. Alinyemen horizontal dikenal juga dengan nama trase jalan. Dalam alinyemen horizontal ada beberapa pembahasan perenecanaa seperti, tikungan, diagram superelevasi, pelebaran pekerasan pada tikungan dan kebesan samping pada tikungan.

2.4.1 Panjang bagian lurus

- Dengan mempertimbangkan faktor keselamatan pemakai jalan, ditinjau dari segi kelelahan pengemudi, maka panjang maksimum bagian jalan yang lurus harus ditempuh dalam waktu tidak lebih dari 2,5 menit (sesuai VR).
- Panjang bagian lurus dapat ditetapkan dari Tabel 2.10

Tabel 2.10 Panjang bagian lurus maksimum

Fungsi	Panjang Bagian Lurus Maksimum (m)		
	Datar	Perbukitan	Pegunungan
Arteri	3.000	2.500	2.000
Kolektor	2.000	1.750	1.500

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota 1997; 27)

2.4.2 Tikungan

Silvia Sukirman (1999), Tikungan adalah berupa garis lengkung yang menghubungkan antara garis-garis lurus pada alinyemen horizontal. Ada tiga jenis tikungan yaitu tikungan *Full Circle* (busur lingkaran saja), tikungan *Spiral-Circle-Spiral* (busur lingkaran ditambah lengkung peralihan), tikungan *Spiral-Spiral* (busur peralihan saja). Jari-jari minimum kelengkungan pada tikungan dapat dilihat pada tabel 2.10 dan tabel 2.11.

Jari-jari minimum dapat pula ditentukan dengan rumus berikut

$$R_{min} = \frac{V_R^2}{127(e_{max} \times f)} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana :

R_{min} = Jari-jari minimum

V_r = Kecepatan rencana

e_{max} = elevasi maksimum (ditetapkan 10%)

f = Koefisien gesek ($f=0,14$ s/d $0,24$)

Tabel 2.11 Jari-jari Tikungan yang memerlukan lengkung peralihan

Kecepatan Rencana (Km/jam)	Jari-jari Lengkungan (meter)
120	600
100	370
80	280
60	210
50	115
40	80
30	50
20	15

(Sumber: Penuntun Praktis Perencanaan Teknis Jalan Raya; 95)

Tabel 2.12 Jari-jari Tikungan yang tidak memerlukan lengkung peralihan

Kecepatan Rencana (Km/jam)	Jari-jari Lengkungan (meter)
120	2.500
100	1.500
80	900
60	500
50	350
40	250
30	130
20	60

(Sumber: Penuntun Praktis Perencanaan Teknis Jalan Raya, 96)

a. Tikungan *Full Circle*

Jenis tikungan ini menggunakan lengkung dengan radius yang besar dengan superelevasi yang digunakan kurang atau sama dengan 3%. Superelevasi adalah suatu kemiringan melintang di tikungan yang berfungsi mengimbangi gaya

sentrifugal yang diterima kendaraan pada saat berjalan melalui tikungan pada kecepatan rencana (V_r). Nilai superelevasi maksimum ditetapkan 10%.

Rumus-rumus yang digunakan dalam perhitungan tikungan *full circle* adalah sebagai berikut :

$$L_c = \frac{\Delta}{360} \times 2 \times \pi \times R \dots\dots\dots(2.5)$$

$$Ts = R \times tg \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots(2.6)$$

$$Es = T \times tg \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots(2.7)$$

$$E = R(\sec \frac{1}{2} \Delta - 1) \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana :

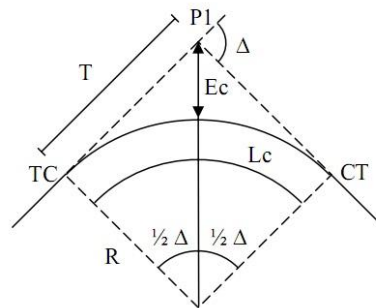
Δ = sudut tikungan atau sudut tangent (derajat)

T_c = Jarak T_c ke PI (m)

R = Jari-jari (m)

L_c = Panjang tikungan (m)

E_c = Jarak P1 ke lengkung peralihan



Gambar 2.9 Tikungan *Full Circle*

b. Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

Bentuk tikungan ini digunakan pada daerah-daerah perbukitan atau pegunungan, karena tikungan jenis ini memiliki lengkung peralihan yang memungkinkan perubahan menikung tidak secara mendadak dan tikungan tersebut menjadi aman.

Lengkung peralihan adalah lengkung yang disisipkan di antara bagian lurus jalan dan bagian lengkung jalan, berfungsi untuk mengantisipasi perubahan alinyemen jalan dari bentuk lurus sampai bagian lengkung jalan sehingga gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan saat berjalan di tikungan berubah secara berangsur-angsur, baik ketika kendaraan mendekati tikungan maupun meninggalkan tikungan. Bentuk lengkung peralihan dapat berupa parabola atau spiral (*clothoid*).

Pada tikungan SCS, jari-jari yang diambil haruslah sesuai dengan kecepatan rencana dan tidak mengakibatkan adanya kemiringan tikungan yang melebihi harga maksimum yang telah ditentukan, yaitu :

- 1) Kemiringan maksimum jalan antar kota = 0,10
- 2) Kemiringan maksimum jalan dalam kota = 0,08

Jari-jari lengkung maksimum untuk setiap kecepatan rencana ditentukan berdasarkan:

- 1) Kemiringan tikungan maksimum
- 2) Koefesien gesekan melintang maksimum

Rumus-rumus yang digunakan antara lain

$$Ts = (R + p) \times tg \frac{1}{2} \Delta + K \dots\dots\dots (2.9)$$

$$Es = \frac{(R+p)}{\cos \frac{1}{2}\Delta} - R \dots\dots\dots (2.10)$$

$$L = L' + 2.Ls \dots\dots\dots (2.11)$$

$$L = \frac{\Delta}{360} \cdot 2 \cdot \pi \cdot R \dots\dots\dots (2.12)$$

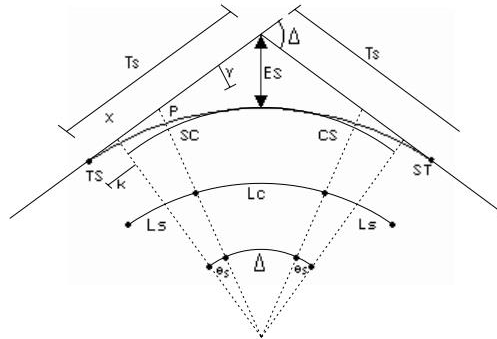
$$\Delta' = \Delta - 2\theta_s \dots\dots\dots (2.13)$$

Syarat yang harus terpenuhi

$$L' > 20 \text{ m}$$

$$L > 2.Ts$$

Jika $L' < 20 \text{ m}$, gunakan jenis tikungan *Full circle*.



Gambar 2.10 Tikungan Spiral – *Circle* – Spiral

Keterangan :

X_s = absis titik SC pada garis tangen, jarak titik TS ke SC.

Y_s = Ordinat titik SC pada garis tegak lurus pada garis tangen

L_s = Panjang lengkung peralihan

T_s = Jarak titik TS ke P1

TS = Titik peralihan bagian lurus ke bagian berbentuk spiral.

SC = Titik peralihan bagian spiral ke bagian berbentuk lingkaran.

E_s = Jarak dari PI ke lingkaran.

R = Jari-jari lingkaran.

p = Pergeseran tangen terhadap spiral.

k = Absis dari “p” pada garis tangen spiral.

Δ = Sudut tikungan atau sudut tangen.

θ_s = Sudut lengkung spiral.

c. Tikungan Spiral-Spiral

Lengkung horizontal berbentuk Spiral-Spiral adalah lengkung tanpa busur lingkaran. Bentuk tikungan ini digunakan pada keadaan yang sangat tajam.

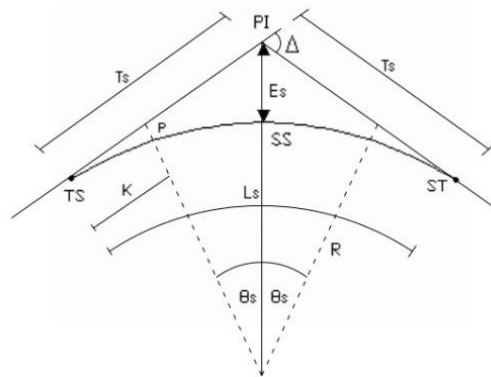
Rumus perhitungan tikungannya yaitu :

$$L_s = \frac{\theta_s}{28,648} \times R \quad \dots\dots\dots(2.14)$$

$$Ts = (R + P).tg \frac{1}{2}\Delta + K \quad \dots\dots\dots (2.15)$$

$$Es = \frac{(R+P)}{\cos^2 \frac{1}{2}\Delta} - R \quad \dots\dots\dots (2.16)$$

$$L = 2.Ls \quad \dots\dots\dots (2.17)$$



Gambar 2.11 Tikungan Spiral –Spiral

Keterangan :

Es = Jarak dari PI ke lingkaran

Ts = Jarak dari titik TS ke PI

R = Jari-jari lingkaran

K = absis dan p pada garis tangen spiral

p = Pergeseran tangen terhadap sudut lengkung spiral.

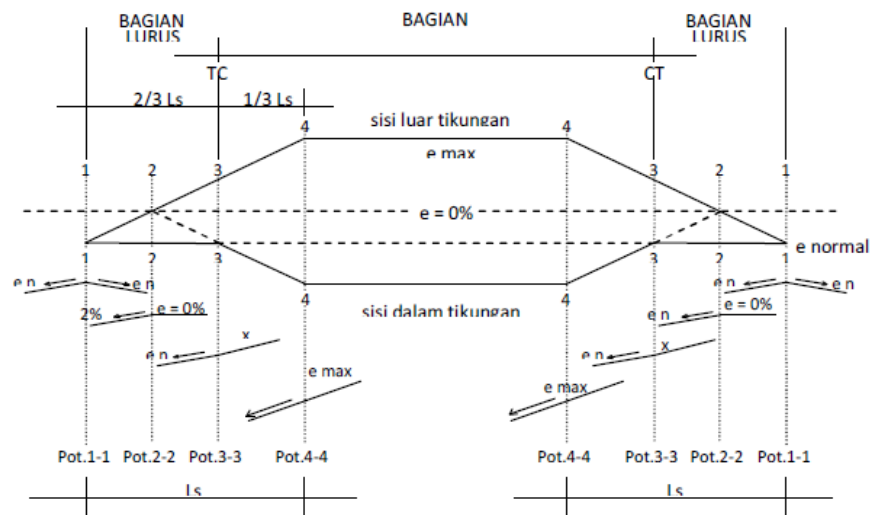
2.4.3 Kemiringan melintang pada lengkung horizontal (Superelevasi)

Komponen berat kendaraan untuk mengimbangi gaya sentrifugal diperoleh dengan membuat kemiringan melintang jalan. Kemiringan melintang jalan pada lengkung horizontal yang bertujuan untuk memperoleh komponen berat kendaran guna mengimbangi gaya sentrifugal biasanya disebut superelevasi. Semakin besar superelevasi semakin besar pula komponen berat kendaraan yang diperoleh (Shirley L.Hendarsin, 2000).

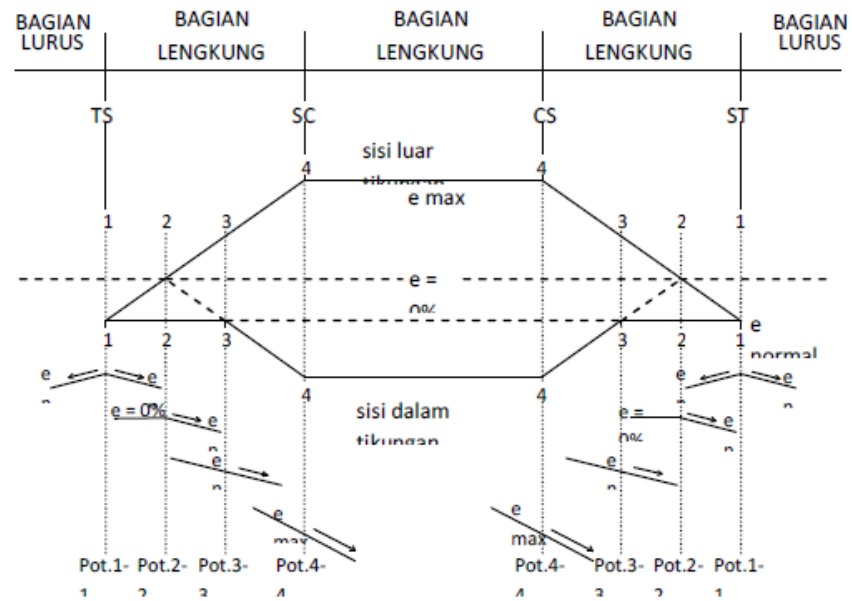
Superelevasi dapat dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai ke kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung.

- Pada tikungan SCS, pencapaian superelevasi dilakukan secara linier (lihat gambar 2.8), diawali dari bentuk normal sampai awal lengkung peralihan (TS) yang berbentuk pada bagian lurus jalan lalu dilanjutkan sampai superelevasi penuh pada akhir bagian lengkung peralihan (SC).
- Pada tikungan FC, pencapaian superelevasi dilakukan secara linier (lihat gambar 2.8), diawali dari bagian lurus sepanjang $2/3 L_s$ sampai dengan bagian lingkaran penuh sepanjang $1/3 L_s$.
- Pada tikungan S-S, pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral.

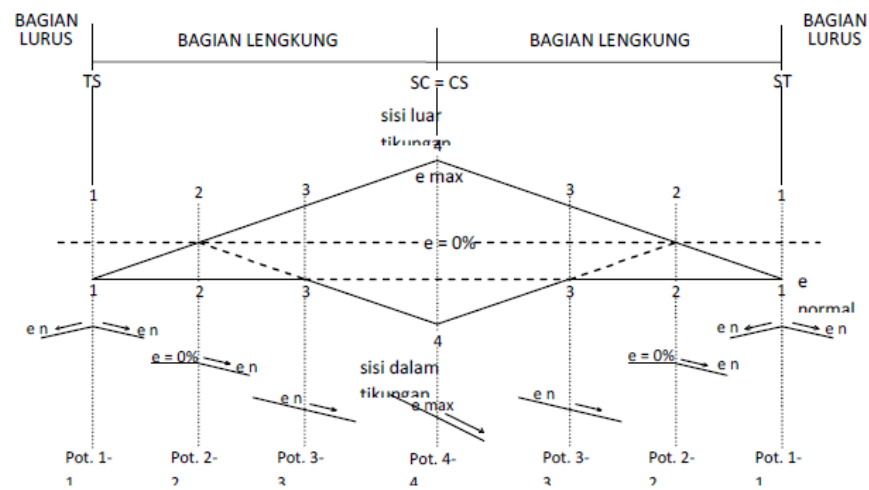
Gambar superelevasi dapat dilihat pada gambar 2.12, gambar 2.13, dan gambar 2.14



Gambar 2.12 Diagram superelevasi *Full circle*



Gambar 2.13 Diagram superelevasi spiral–circle–spiral



Gambar 2.14 Diagram superelevasi spiral–spiral

2.4.4 Pelebaran jalur lalu lintas di tikungan

Pelebaran pada tikungan dimaksudkan untuk mempertahankan konsistensi geometrik jalan agar kondisi operasional lalu lintas di tikungan sama dengan dibagian lurus.

Pelebaran jalan di tikungan mempertimbangkan:

- Kesulitan pengemudi untuk menempatkan kendaraan tetap pada lajunya
- Penambahan lebar (ruang) lajur yang dipakai saat kendaraan melakukan gerakan melingkar. Dalam segala hal pelebaran di tikungan harus memenuhi gerak perputaran kendaraan rencana sedemikian sehingga proyeksi kendaraan tetap pada lajunya
- Pelebaran di tikungan ditentukan oleh radius belok kendaraan rencana
- Pelebaran yang lebih kecil dari 0.6 meter dapat diabaikan.
- Untuk jalan 1 jalur 3 lajur, nilai-nilai dalam Tabel 2.13 & Tabel 2.14 harus dikalikan 1,5
- Untuk jalan 1 jalur 4 lajur, nilai-nilai dalam Tabel 2.13 & Tabel 2.14 harus dikalikan 2

Besarnya pelebaran pada tikungan secara analitis dapat dihitung menggunakan rumus berikut :

$$B = \sqrt{[\sqrt{R_c - 64} + 1,25]^2 + 64} - \sqrt{\sqrt{R_c - 64} + 1,25} - 1,25 \dots\dots\dots (2.18)$$

$$Z = \frac{0,105 V}{\sqrt{R}} \dots\dots\dots (2.19)$$

$$B_t = n(B + C) + Z \dots\dots\dots (2.20)$$

$$\Delta b = B_t - B_n \dots\dots\dots (2.21)$$

Tabel 2.13 Pelebaran ditikungan untuk lebar jalur 20,50 m, 2 arah atau 1 arah

R (m)	Kecepatan Rencana (Km/jam)							
	50	60	70	80	90	100	110	120
1500	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
1000	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
750	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3
500	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	
400	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5		
300	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5			
250	0,4	0,5	0,5	0,6				
*200	0,6	0,7	0,8					
150	0,7	0,8						
140	0,7	0,8						
130	0,7	0,8						
120	0,7	0,8						
110	0,7							
100	0,8							
90	0,8							
80	1,0							
70	1,0							

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota 1997; 33)

Tabel 2.14 Pelebaran ditikungan untuk lebar jalur 2x3.00m, 2 arah atau 1 arah

R (m)	Kecepatan Rencana (Km/jam)						
	50	60	70	80	90	100	110
1500	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6
1000	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6
750	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8
500	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,0
400	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1	
300	0,9	1,0	1,0	1,1			
250	1,0	1,1	1,1	1,2			
200	1,2	1,3	1,3	1,4			
150	1,3	1,4					
140	1,3	1,4					
130	1,3	1,4					
120	1,3	1,4					
110	1,3						
100	1,4						
90	1,4						
80	1,6						
70	1,7						

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota 1997; 34)

Keterangan :

B = Lebar perkerasan yang ditempati satu kendaraan ditikungan pada lajur sebelah dalam

Rc = Radius lajur sebelah dalam - $\frac{1}{2}$ lebar perkerasan + $\frac{1}{2}$ lebar kendaraan.

Z = Kesukaran dalam mengemudi di tikungan

V = Kecepatan (km/jam)

R = Jari-jari tikungan (m)

Bn = Lebar lajur lalu lintas

2.4.5 Kebebasan samping pada tikungan

Jarak pandang pengemudi pada lengkung horizontal (ditikungan), adalah pandangan bebas pengemudi dari halangan benda-benda disisi jalan. Daerah bebas samping ditikungan dihitung berdasarkan rumus-rumus sebagai berikut :

a. Jarak pandang lebih kecil dari pada lengkung tikungan ($J_h < L_t$)

Rumus yang digunakan :

$$E = R \left(1 - \cos \frac{90^\circ \times J_h}{\pi R} \right) \dots\dots\dots (2.22)$$

Keterangan :

J_h = Jarak pandang henti (J_h)

L_t = Panjang tikungan (m)

E = Daerah kebebasan samping (m)

R = Jari-jari tikungan

Rumus yang digunakan

$$E = R \left(1 - \cos \frac{28,65 \times J_h}{R'} \right) + \left(\frac{J_h - L_t}{2} \times \sin \frac{28,65 \times J_h}{R'} \right) \dots\dots\dots (2.23)$$

Keterangan :

E = Daerah kebebasan samping (m)

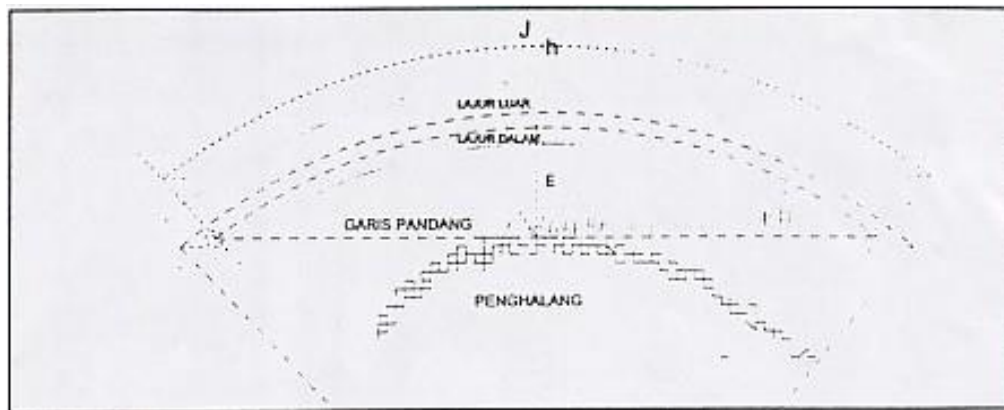
Jh = Jarak pandang henti (Jh)

Lt = Panjang tikungan (m)

E = Daerah kebebasan samping (m)

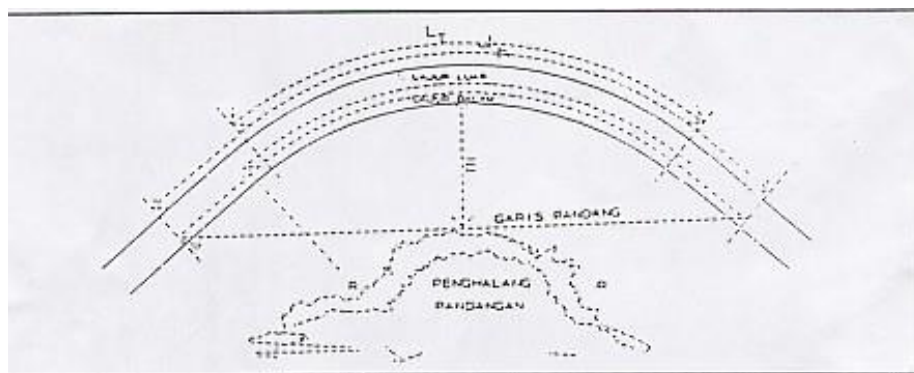
R = Jari-jari tikungan

R' = Jari-jari sumbu lajur



Gambar 2.15 Daerah bebas samping pada tikungan untuk $Jh < Lt$

b. Jarak pandang lebih besar dari pada tikungan ($Jh > Lt$)



Gambar 2.16 Daerah bebas samping pada tikungan untuk $Jh > Lt$

Untuk menetapkan besarnya kebebasan samping yang diperlukan juga dapat menggunakan tabel 2.15, tabel 2.16, tabel 2.17 yang dihitung menggunakan persamaan 2.22

Tabel 2.15 Nilai E (m) untuk $J_h < L$, V_r (km/jam) dan J_h (m)

R(m)	Vr=20	30	40	50	60	80	100	120
	Jh=16	27	40	55	75	120	175	250
5000								1,6
3000								2,6
2000							1,9	3,9
1500							2,6	5,2
1200						1,5	3,2	6,5
1000						1,8	3,8	7,8
800						2,2	4,8	9,7
600						3,0	6,4	13,0
500						3,6	7,6	15,5
400					1,8	4,5	9,5	Rmin=500
300					2,3	6,0	Rmin=350	
250				1,5	2,8	7,2		
200				1,9	3,5	Rmin=210		
175				2,2	4,0			
150				2,5	4,7			
130			1,5	2,9	5,4			
120			1,7	3,1	5,8			
110			1,8	3,4	Rmin=115			
100			2,0	3,8				
90			2,2	4,2				
80			2,5	4,7				
70		1,5	2,8	Rmin=80				
60		1,8	3,3					
50		2,3	3,9					
40		3,0	Rmin=50					
30		Rmin=30						
20	1,6							
15	2,1							
	Rmin=15							

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota 1997; 24)

Tabel 2.16 Nilai E (m) untuk $J_h > L$, V_r (km/jam) dan J_h (m), dimana $J_h - L_t = 25$ m

R(m)	Vr=20	30	40	50	60	80	100	120
	Jh=16	27	40	55	75	120	175	250
6000								1,6
5000								1,9
3000							1,6	3,1
2000							2,5	4,7
1500						1,5	3,3	6,2
1200						2,1	4,1	7,8
1000						2,5	4,9	9,4
800					1,5	3,2	6,1	11,7
600					2,0	4,2	8,2	15,6
500					2,3	5,1	9,8	18,6
400				1,8	2,9	6,4	12,5	Rmin=500
300			1,5	2,4	3,9	8,5	Rmin=350	
250			1,8	2,9	4,7	10,1		
200			2,2	3,6	5,8	Rmin=210		
175		1,5	2,6	4,1	6,7			
150		1,7	3,0	4,8	7,8			
130		2,0	3,5	5,5	8,9			
120		2,2	3,7	6,0	9,7			
110		2,4	4,1	6,5	Rmin=115			
100		2,6	4,5	7,2				
90	1,5	2,9	5,0	7,9				
80	1,6	3,2	5,6	8,9				
70	1,9	3,7	6,4	Rmin=80				
60	2,2	4,3	7,4					
50	2,6	5,1	8,8					
40	3,3	6,4	Rmin=50					
30	4,4	8,4						
20	6,4	Rmin=30						
15	8,4							
	Rmin=15							

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota 1997; 26)

Tabel 2.17 Nilai E (m) untuk $J_h > L_t$, VR (km/jam) dan J_h (m), di mana $J_h - L_t = 50$ m.

R(m)	Vr=20	30	40	50	60	80	100	120
	Jh=16	27	40	55	75	120	175	250
6000								1,8
5000								2,2
3000							2,0	3,6
2000						1,6	3,0	5,5
1500						2,2	4,0	7,3
1200						2,7	5,0	9,1
1000					1,6	3,3	6,0	10,9
800					2,1	4,1	7,5	13,6
600				1,8	2,7	5,5	10,0	18,1
500				2,1	3,3	6,6	12,0	21,7
400			1,7	2,7	4,1	8,2	15,0	Rmin=500
300			2,3	3,5	5,5	10,9	Rmin=350	
250		1,7	2,8	4,3	6,5	13,1		
200		2,1	3,5	5,3	8,2	Rmin=210		
175		2,4	4,0	6,1	9,3			
150	1,5	2,9	4,7	7,1	10,8			
130	1,8	3,3	5,4	8,1	12,5			
120	1,9	3,6	5,8	8,8	13,5			
110	2,1	3,9	6,3	9,6	Rmin=115			
100	2,3	4,3	7,0	10,5				
90	2,6	4,7	7,7	11,7				
80	2,9	5,3	8,7	13,1				
70	3,3	6,1	9,9	Rmin=80				
60	3,9	7,1	11,5					
50	4,6	8,5	13,7					
40	5,8	10,5	Rmin=50					
30	7,6	13,9						
20	11,3	Rmin=30						
15	14,8							
	Rmin=15							

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota 1997; 27)

2.5 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal terdiri atas bagian landai vertikal dan bagian lengkung vertikal. Ditinjau dari titik awal perencanaan, bagian landai vertikal dapat berupa landai positif (tanjakan), atau landai negative (turunan), atau landai nol (datar).

Bagian lengkung vertikal dapat berupa lengkung cekung atau lengkung cembung. Perencanaan alinyemen vertikal yang mengikuti muka tanah asli akan mengurangi pekerjaan tanah, tetapi mungkin saja akan mengakibatkan jalan itu terlalu banyak memiliki tikungan. Dengan demikian penarikan alinyemen vertikal sangat dipengaruhi oleh berbagai pertimbangan yaitu kondisi tanah dasar, keadaan medan, fungsi jalan, muka air banjir, muka air tanah, kelayakan yang masih memungkinkan

Ada beberapa hal yang harus diperhatikan, diantaranya :

a. Kelandaian Pada Alinyemen Vertikal

1) Landai Minimum

Berdasarkan kepentingan arus lalu lintas, landai ideal adalah landai datar (0%). Sebaliknya jika ditinjau dari kepentingan drainase, jalan yang berlandai adalah jalan yang ideal. Dalam suatu perencanaan disarankan menggunakan :

- Landai datar untuk jalan-jalan yang diatas tanah timbunan yang tidak mempunyai kereb. Lereng melintang jalan dianggap cukup mengaliri air di atas badan jalan dan kemudian ke lereng jalan.
- Landai 0,15 % dianjurkan untuk jalan-jalan diatas tanah timbunan dengan medan datar dan mempergunakan kereb. Kelandaian ini cukup membantu mengalirkan air hujan ke saluran pembuangan.
- Landai datar untuk jalan-jalan yang diatas tanah timbunan yang tidak mempunyai kereb. Lereng melintang jalan dianggap cukup mengaliri air di atas badan jalan dan kemudian ke lereng jalan.
- Landai 0,15% dianjurkan untuk jalan-jalan diatas tanah timbunan dengan medan datar dan mempergunakan kereb. Kelandaian ini cukup membantu mengalirkan air hujan ke saluran pembuangan.
- Landai minimum sebesar 0,3-0,5 % dianjurkan dipergunakan untuk jalan-jalan di daerah galian atau jalan yang memakai kereb. Lereng melintang hanya cukup untuk mengalirkan air hujan yang jatuh diatas badan jalan, sedangkan landaai jalan dibutuhkan untuk membuat kemiringan dasar saluran samping.

2) Landai Maksimum

Kelandaian maksimum dimaksudkan untuk memungkinkan kendaraan bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan penuh yang mampu bergerak dengan penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah.

Kelandaian maksimum dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 2.18 Kelandaian Maksimum

Vr (km/jam)	120	110	100	80	60	50	40	< 40
Kelandaian max	3	3	4	5	8	9	10	10

(Sumber : Teknik Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota ;36)

3) Panjang Kritis Suatu Kelandaian

Panjang kritis yaitu panjang landai maksimum yang harus disediakan agar kendaraan dapat mempertahankan kecepatannya sedemikian sehingga penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatan rencana.

Tabel 2.19 Panjang Kritis

Kecepatan pada awal tanjakan km/jam	Kelandaian %						
	4	5	6	7	8	9	10
80	630	460	360	270	230	230	200
60	320	210	160	120	110	90	80

(Sumber : Teknik Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota; 36)

b. Lengkung Vertikal

Lengkung vertikal harus disediakan pada setiap lokasi yang mengalami perubahan kelandaian dengan tujuan mengurangi guncangan akibat perubahan kelandaian dan menyediakan jarak pandang henti.

Tabel 2.20 Panjang Minimum Lengkung Vertikal

Kecepatan Rencana (km/jam)	Perbedaan Kelandaian Memanjang (%)	Panjang Lengkung (m)
< 40	1	20 – 30
40 – 60	0,6	40 – 80
> 60	0,4	80 – 150

(Sumber : Teknik Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota; 38)

Jenis lengkung vertikal dilihat dari segi letak titik perpotongan kedua bagian lurus (tangen) ada dua yaitu lengkung vertikal cembung dan lengkung vertikal cekung.

$$\text{Rumus umum : } Y' = -\frac{(q_2 - q_1)x^2}{2L} \dots\dots\dots(2.23)$$

- 1) Lengkung vertikal cembung adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada diatas permukaan jalan yang bersangkutan.

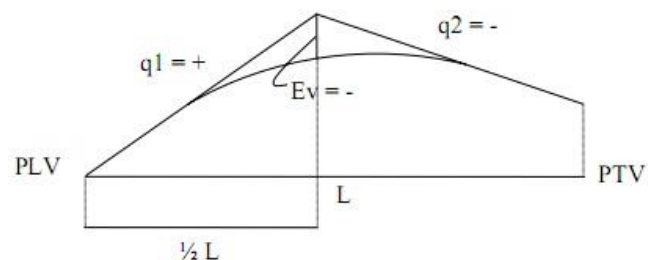
$$Y' = EV = \frac{(AL_V)}{800} \dots\dots\dots(2.24)$$

$$A = q^2 - q_1 \dots\dots\dots(2.25)$$

Dimana

EV = Penyimpangan kedua dari titik potong kedua tangen kelengkungan vertikal ($Y' = EV$ untuk $x = \frac{1}{2} L$)

L = Panjang lengkung vertikal cembung



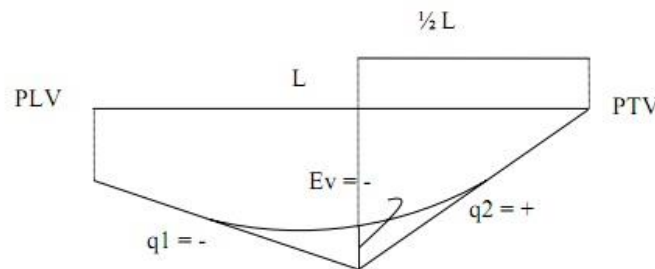
Gambar 2.17 Lengkung vertikal cembung

- 2) Lengkung vertikal cekung adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di bawah permukaan jalan.

Dalam menentukan harga $A = q_2 - q_1$ ada dua cara, yaitu :

- Bila persen ikut serta dihitung maka rumus yang digunakan seperti pada lengkung cembung
- Bila persen tidak digunakan dalam rumus maka rumus menjadi :

$$Y' = EV = \frac{(q_2 - q_1)}{8} \times Lv \dots\dots\dots(2.26)$$



Gambar 2.18 Lengkung vertikal cekung

2.6 Perencanaan galian dan timbunan

Didalam perencanaan jalan raya diusahakan agar volume galian (cut) sama dengan volume timbunan. Dengan mengkombinasikan alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal memungkinkan kita menghitung banyaknya volume galian dan timbunan.

Untuk mendapatkan volume galian dan timbunan ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, diantaranya :

a. Penentuan stationing

Panjang horizontal jalan dapat dilakukan dengan membuat titik-titik stationing (patok-patok km) disepanjang ruas jalan.

Ketentuan umum untuk pemasangan patok-patok tersebut adalah sebagai berikut:

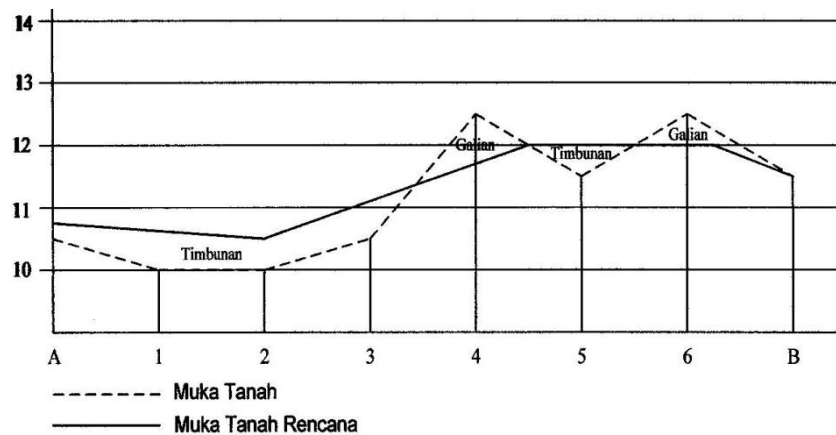
- 1) Untuk daerah datar dan lurus, jarak antara patok 100 m
- 2) Untuk daerah bukit, jarak antara patok 50 m

3) Untuk daerah gunung, jarak antaravpatok 25 m.

b. Profil memanjang

Profil memanjang ini memperlihatkan kondisi elevasi dari muka tanah asli dan permukaan tanah jalan yang direncanakan.

Profil memanjang direncanakan dengan menggunakan skala horizontal 1:1000 dan skala vertikal 1:100.

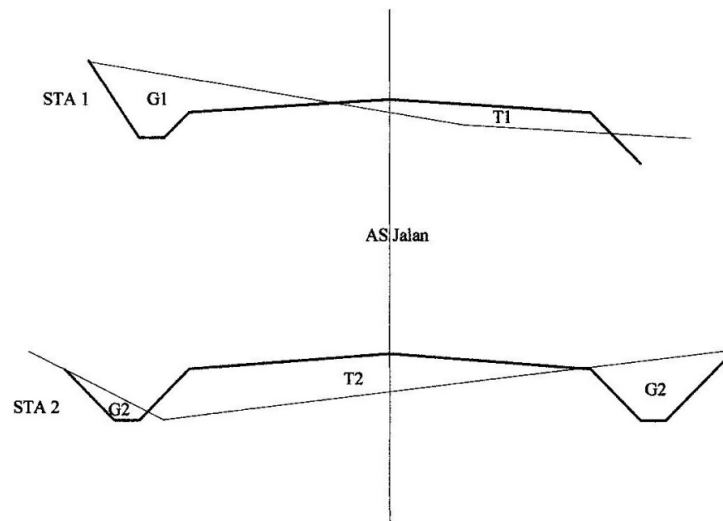


Gambar 2.19 Potongan memanjang

c. Profil melintang

Profil melintang (*cross section*) digambarkan untuk setiap titik stationing (patok) yang telah ditetapkan. Profil ini menggambarkan bentuk permukaan tanah asli dan rencana jalan dalam arah tegak lurus as jalan secara horizontal. Kondisi permukaan tersebut diperlihatkan sampai sebatas minimal separuh daerah penguasaan jalan kearah kiri dan kanan jalan tersebut.

Menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Antar Kota No. 038/TBM/1997 menetapkan bagian-bagian profil melintang diantaranya adalah jalur lalu lintas, median dan jalur tepian (kalau ada). Bahu jalur pejalan kaki, selokan dan lereng. Informasi yang dapat diperoleh dari hasil penggambaran profil melintang ini adalah luas dari bidang-bidang galian atau timbunan yang dikerjakan pada titik tersebut.



Gambar 2.20 Profil melintang

d. Menghitung volume galian dan timbunan

Untuk menghitung volume galian dan timbunan diperlukan data luas penampang baik galian maupun timbunan dari masing-masing potongan dihitung luas penampang galian ataupun timbunannya. Perhitungan tersebut dapat dilakukan dengan alat planimetri atau dengan cara membagi-bagi setiap penampang menjadi bentuk bangun-bangun sederhana, misalnya bangun segitiga, segi empat dan trapesium atau dengan menggunakan program komputer seperti autocad kemudian dijumlahkan.

Perhitungan volume galian dan timbunan ini dilakukan secara pendekatan. Semakin kecil jarak antara sta, maka harga volume galian dan timbunan juga semakin mendekati harga yang sesungguhnya. Sebaliknya semakin besar jarak antara Sta, maka semakin jauh ketidak tepatan hasil yang diperoleh.

Ketelitian dan ketepatan dalam menghitung besarnya volume galian dan timbunan akan sangat berpengaruh terhadap biaya yang akan dikeluarkan dalam

waktu pelaksanaan lapangan nantinya. Pekerjaan tanah yang terlalu besar akan berdampak terhadap semakin mahal biaya pembuatan jalan yang direncanakan.

2.7 Perencanaan Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak diantara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberi pelayanan kepada sarana transportasi, dan selama masa pelayanan diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti.

Tanah saja biasanya tidak cukup kuat dan tahan tanpa adanya deformasi yang berarti terhadap beban berulang roda kendaraan. Untuk itu perlu lapis tambahan yang terletak antara tanah dan roda, atau lapisan paling atas dari badan jalan. Lapisan tambahan ini dibuat dari bahan khusus yang terpilih, selanjutnya disebut lapis keras/perkerasan.

Lapisan perkerasan jalan adalah suatu struktur konstruksi yang terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan diatas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas yang berada diatasnya menyebar kelapisan dibawahnya.

Beban lalu lintas yang bekerja di atas konstruksi perkerasan meliputi :

- Beban/gaya vertikal (berat kendaraan dan berat muatannya).
- Beban/gaya horisontal (gaya rem kendaraan).
- Getaran-getaran roda kendaraan.

2.7.1 Jenis konstruksi perkerasan

Berdasarkan bahan pengikatnya konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan atas :

a. Perkerasan lentur (*Flexible Pavement*)

Yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.

b. Perkerasan kaku (*Rigid Pavement*)

Yaitu perkerasan yang menggunakan semen (PC) sebagai bahan pengikat. Plat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh plat beton.

c. Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

Yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur, dimana dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku diatas perkerasan lentur. (Silvia Sukirman, 1999).

2.7.2 Kriteria konstruksi perkerasan jalan

Konstruksi perkerasan jalan harus dapat memberikan rasa aman, nyaman kepada penggunaan jalan, oleh karena itu harus dipenuhi syarat sebagai berikut :

a. Syarat untuk lalu lintas

- Permukaan harus rata, tidak bergelombang, tidak melendut dan tidak berlubang.
- Permukaan cukup kaku, tidak mudah mengalami deformasi akibat beban yang bekerja.
- Permukaan cukup memiliki kekesatan sehingga mampu membrikan tahanan gesek yang baik antara ban kendaraan dan permukaan jalan.
- Permukaan jalan tidak mengkilap (tidak menyilaukan jika terkena sinar matahari).

b. Syarat kekuatan structural

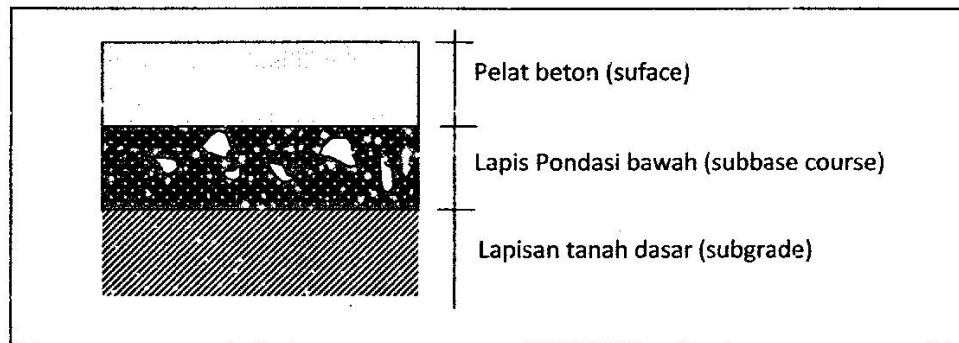
- Ketebalan yang cukup sehingga mampu menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
- Kedap terhadap air sehingga air tidak mudah meresap kelapisan dibawahnya.
- Permukaan mudah mengalirkan air, sehingga air hujan yang ada dipermukaan jalan dapat cepat dialirkan.

- Kekakuan untuk memikul beban yang bekerja tanpa menimbulkan deformasi permanen. (Silvia Sukirman, 1999)

2.8 Perkerasan Kaku

2.8.1 Pengertian perkerasan kaku

Perkerasan kaku merupakan salah satu jenis konstruksi perkerasan jalan yang menggunakan bahan campuran agregat dengan semen sebagai bahan pengikatnya.



Gambar 2.21 Susunan lapisan perkerasan kaku

Perkerasan jalan beton semen atau secara umum disebut perkerasan kaku, terdiri atas lapisan permukaan (*surface*) berupa plat (*slab*) beton semen, lapisan pondasi bawah (*sub base course*) berupa sirtu (batu pecah) atau semen tipis dan lapisan tanah dasar (*subgrade*) yang sudah dipadatkan.

Dalam konstruksi perkerasan kaku, plat beton sering disebut sebagai lapis pondasi karena dimungkinkan masih adanya lapisan aspal beton di atasnya yang berfungsi sebagai lapis permukaan.

Perkerasan beton yang kaku dan memiliki modulus elastisitas yang tinggi, akan mendistribusikan beban kebidang tanah dasar yang cukup luas sehingga bagian terbesar dari kapasitas struktur perkerasan tersebut diperoleh dari plat beton sendiri. Hal ini berbeda dengan perkerasan lentur dimana kekuatan perkerasan diperoleh dari tebal lapis pondasi bawah, lapis pondasi dan lapis permukaan.

Karena yang paling penting adalah mengetahui kapasitas struktur yang menanggung beban, maka faktor yang paling diperhatikan dalam perencanaan tebal perkerasan beton semen adalah kekuatan dari beton itu sendiri, karena beban lalu lintas yang diterima sebagian besar akan dipikul oleh pelat beton. Adanya beragam kekuatan dari tanah dasar dan atau pondasi hanya berpengaruh kecil terhadap kapasitas structural perkerasannya.

Metode perencanaan perkerasan kaku didasarkan pada:

- a. Perkiraan volume lalu lintas dan komposisinya selama umur rencana
- b. Kekuatan tanah dasar yang dinamakan CBR atau modulus reaksi tanah dasar (k).
- c. Kekuatan beton yang digunakan untuk lapisan perkerasan.
- d. Ketebalan dan kondisi lapisan pondasi bawah, diperlukan untuk menopang konstruksi, penurunan akibat air dan perubahan volume lapisan tanah dasar.
- e. Jenis bahu jalan.
- f. Jenis perkerasan.
- g. Jenis penyaluran beban.

2.8.2 Jenis dan fungsi perkerasan kaku

- a. Jenis perkerasan kaku

Perkerasan kaku/beton semen adalah struktur yang terdiri atas pelat beton semen yang bersambung (tidak menerus) tanpa atau dengan tulangan, atau menerus dengan tulangan, terletak diatas lapis pondasi bawah atau tanah dasar, tanpa atau dengan lapis permukaan beraspal. (Puslitbang jalan dan jembatan; 2003)

Menurut buku Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton. Semen Departemen PU, perkerasan kaku/beton semen dibedakan kedalam 4 jenis :

- 1) Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan
- 2) Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan
- 3) Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan

- 4) Perkerasan beton semen pra-tegang (dengan tulangan serat baja/fiber)
- b. Fungsi perkerasan kaku
- 1) Memikul beban roda kendaraan
 - 2) Sebagai *running surface* yang memenuhi aspek keselamatan dan aspek ketahanan terhadap pengaruh lalu lintas dan cuaca, dengan sedikit pemeliharaan untuk suatu periode yang panjang.
 - 3) Melindungi lapisan struktur dibawahnya dari kemungkinan masuknya air serta kemungkinan perubahan kadar air, sehingga akan membantu tetap terpeliharanya kestabilan subgrade selama unsur perkerasan.

2.8.3 Persyaratan teknis perencanaan perkerasan kaku

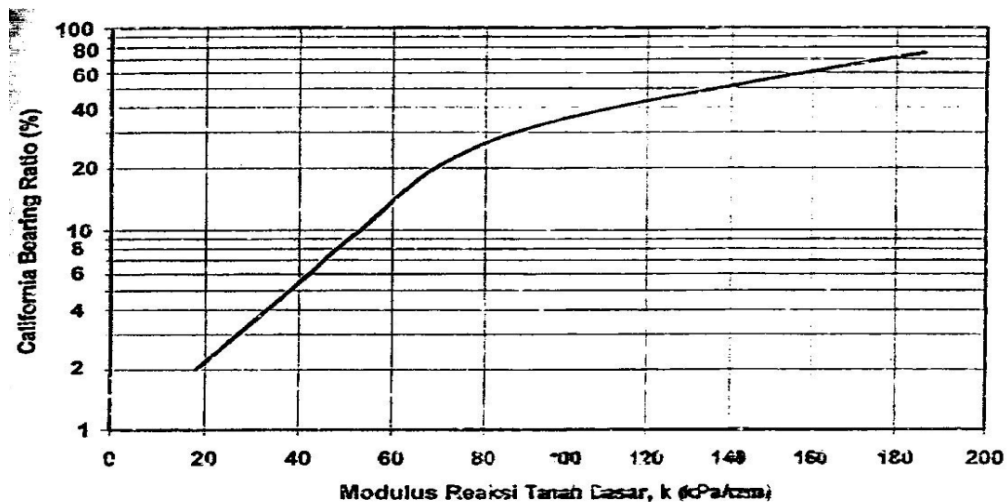
a. Kekuatan lapisan tanah dasar

Daya dukung tanah dasar ditentukan dengan pengujian CBR lapangan ataupun CBR laboratorium, masing-masing untuk perencanaan tebal perkerasan lama dan perkerasan jalan baru. Apabila tanah dasar mempunyai nilai CBR lebih kecil dari 2%, maka harus dipasang pondasi bawah yang terbuat dari beton kurus (*Lean-mix concrete*) setebal 15 cm yang dianggap mempunyai nilai CBR tanah dasar efektif 5% (Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen Departemen PU; 2002).

Sebagaimana dijelaskan diatas untuk perencanaan tebal perkerasan kaku, daya dukung tanah dasar diperoleh dengan nilai CBR, seperti halnya pada perencanaan perkerasan lentur, meskipun pada umumnya dilakukan dengan menggunakan nilai (k) yaitu modulus reaksi tanah dasar.

Modulus reaksi tanah dasar (k) diperoleh dengan melakukan pengujian pembebanan pelat (*plate bearing test*) menurut AASHTO T.222-81 diatas perkerasan lama yang selanjutnya dikorelasikan terhadap nilai CBR menurut gambar 2.22

Bila nilai (k) lebih besar dari 140 kPa/mm (14kg/cm³), maka nilai (k) dianggap sama dengan nilai CBR 50%.



Gambar 2.22 Grafik korelasi nilai (k) dengan CBR

Untuk menentukan modulus reaksi tanah dasar (k) secara yang mewakili suatu seksi jalan, dipergunakan rumus sebagai berikut :

$$k^{\circ} = k - 2.S \text{ (untuk jalan tol) } \dots\dots\dots (2.27)$$

$$k^{\circ} = k - 1,64.S \text{ (untuk jalan arteri) } \dots\dots\dots (2.28)$$

$$k^{\circ} = k - 1,28.S \text{ (untuk jalan kolektor/lokal) } \dots\dots\dots (2.29)$$

Faktor keseragaman (F_k) :

$$F_k = \frac{s}{k-} \times 100\% < 25\% \text{ (dianjurkan) } \dots\dots\dots (2.30)$$

Standar Deviasi :

$$S = \sqrt{n \frac{(\sum k^2) - (\sum k)^2}{n(n-1)}} \dots\dots\dots (2.31)$$

Keterangan :

k° = Modulus reaksi tanah dasar yang mewakili suatu seksi jalan

$k- = \frac{\sum k}{n}$ = modulus reaksi tanah dasar rata-rata dalam suatu seksi jalan

k = Modulus reaksi tanah dasar tiap titik didalam seksi jalan

n = Jumlah data k

S = Standar deviasi

b. Pondasi bawah

Tujuan digunakannya lapis pondasi bawah pada perkerasan kaku adalah untuk menambah daya dukung tanah dasar, menyediakan lantai kerja yang stabil dan mendapatkan permukaan dengan daya dukung yang seragam. Lapis pondasi bawah juga dapat mengurangi lendutan pada sambungan-sambungan sehingga menjamin penyaluran beban melalui sambungan muai dalam waktu lama, menjaga perubahan volume lapisan tanah dasar akibat pemuaian atau penyusutan serta mencegah keluarnya air atau pumping pada sambungan atau tepi-tepi pelat beton.

Adapun bahan-bahan untuk pondasi bawah dapat berupa :

1) Bahan berbutir :

Persyaratan dan gradasi butiran pondasi bawah sesuai dengan kelas B yang diuji gradasinya dan harus memenuhi spesifikasi bahan untuk pondasi bawah, dengan penyimpangan izin 3% - 5%.

2) Stabilisasi atau dengan beton kurus giling padat, dapat berupa :

- Stabilisasi dengan material berbutir dengan kadar bahan pengikat sesuai perencanaan, untuk menjamin kekuatan campuran dan ketahanan terhadap erosi. Jenis bahan pengikat dapat berupa : semen, kapur, serta abu terbang.
- Campuran beraspal bergradasi padat
- Campuran beton kurus giling padat, yang harus mempunyai kuat tekan berkarakteristik pada umur 28 hari minimum 5,5 Mpa (55 kg/cm²).
- Campuran beton kurus

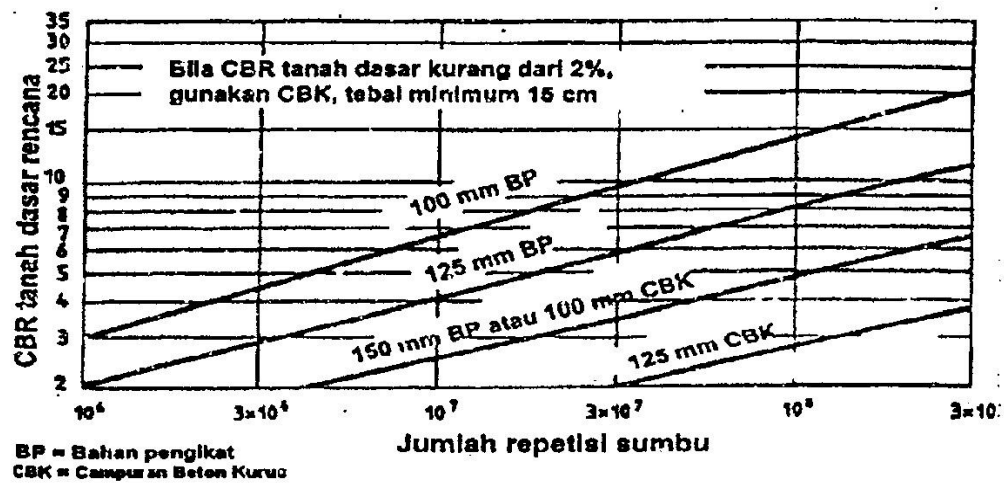
Campuran beton kurus (CBK) harus mempunyai kuat tekan beton karakteristik pada umur 28 hari minimum 5 Mpa (50 kg/cm²) tanpa menggunakan abu terbang dengan tebal minimum 10 cm.

Lapis pondasi bawah perlu diperlebar sampai 60 cm diluar tepi perkerasan beton semen. Pemasangan lapis pondasi dengan lebar sampai ke tepi luar lebar jalan merupakan salah satu cara untuk mereduksi perilaku tanah ekspansif.

Tebal lapis pondasi minimum 10 cm yang paling sedikit mempunyai mutu sesuai dengan SNI No. 03-6388-2000.

Bila direncanakan perkerasan beton semen bersambung tanpa ruji, pondasi bawah harus mempergunakan campuran beton kurus (CBK).

Tebal lapis pondasi bawah minimum yang disarankan dan nilai CBR tanah dasar efektif dapat dilihat dari gambar dibawah ini :



Gambar 2.23 Tebal pondasi bawah minimum untuk perkerasan kaku terhadap repetisi sumbu

c. Beton semen

Kekuatan beton semen dinyatakan dalam nilai kuat tarik lentur umur 28 hari, yang didapat dari hasil pengujian balok dengan pembebanan tiga titik (ASTM C-78) yang besarnya secara tipikal 3 - 5 Mpa (30 – 50 kg/cm²)

Hubungan antara kuat tekan karakteristik dengan kuat tarik lentur beton dapat dengan rumus berikut :

$$f_{cf} = K \times (f_c')^{0,05} \text{ (dalam Mpa)} \dots\dots\dots (2.32)$$

$$f_{cf} = 3,13 \times K \times (f_c')^{0,05} \text{ (dalam kg/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots (2.33)$$

Keterangan :

f_c' = Kuat tekan beton karakteristik 28 hari (kg/cm²).

f_{cf} = Kuat tarik lentur beton 28 hari (kg/cm²).

K = Konstanta 0,7 untuk agregat tidak pecah 0,75 untuk agregat pecah.

Bahan beton semen terdiri dari agregat, semen, air, dan bahan tambah jika diperlukan, dengan spesifikasi sebagai berikut :

1) Agregat

Agregat yang akan dipergunakan untuk perkerasan beton semen harus sesuai dengan AASHTO M6-97 untuk agregat halus, dan AASHTO M80-87 untuk agregat kasar.

Ukuran maksimum nominal agregat kasar harus dibatasi hingg seperempat dari tebal perkerasan beton semen. Ukuran nominal agregat kasar yang didasarkan pada ketebalan perkerasan diperlihatkan pada tabel 2.21

Ukuran maksimum nominal agregat kasar harus dikombinasikan dengan ukuran yang lebih kecil sesuai dengan persyaratan yang telah ditentukan.

Tabel 2.21 Ukuran nominal agregat kasar terhadap tebal perkerasan

No	Ukuran Agregat Kasar (mm)	Tebal Perkerasan (cm)
1	19,0	10,0 - 15,0
2	26,5	15,0 - 17,5
3	37,5	>17,5

(Sumber : Litbang PU, *Perkerasan Beton semen untuk jalan dengan lalu lintas Rendah dan menengah*, 2003)

2) Semen

Semen yang digunakan untuk pekerjaan beton umumnya tipe I yang harus sesuai dengan SNI 15-2049-1994. Semen harus dipilih dan sesuai dengan lingkungan dimana perkerasan.

3) Air

Air harus bersih terbebas dari segala hal yang dapat merugikan dan dapat merusak kekuatan, waktu seting atau keawetan beton serta kekuatan beton serta kekuatan dan keawetan tulangan.

4) Bahan tambah

Bahan tambah harus sesuai dengan persyaratan ASTM C-494 untuk waterreducing dan SNI 03-2496-1991 untuk airentraining.

2.8.4 Lalu lintas untuk perkerasan kaku

Penentuan beban lalu lintas rencana untuk perkerasan beton semen, dinyatakan dalam jumlah sumbu kendaraan niaga (commercial vehicle), sesuai dengan konfigurasi sumbu pada lajur rencana selama umur rencana.

Lalu lintas harus dianalisis berdasarkan hasil perhitungan volume lalu lintas dan konfigurasi sumbu, menggunakan data terakhir atau data 2 tahun terakhir.

Konfigurasi sumbu untuk perencanaan terdiri dari 4 jenis kelompok sumbu, sebagai berikut :

- a. Sumbu tunggal roda tunggal (STRT).
- b. Sumbu tunggal roda ganda (STRG).
- c. Sumbu tandem roda ganda (STdRG).
- d. Sumbu tridem roda ganda (STrRG).

2.8.5 Lajur rencana dan koefisien distribusi

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari satu ruas jalan raya yang menampung lalu lintas kendaraan niaga terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda

batas lajur, maka jumlah dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga dapat ditentukan dari lebar perkerasan sesuai dengan tabel 2.22

Tabel 2.22 Jumlah lajur berdasarkan lebar perkerasan dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga pada lajur rencana

Lebar Perkerasan (Lp)	Jumla Lajur (n)	Kofisien Distribusi (C)	
		1 Arah	2 Arah
$L_p < 5,50 \text{ m}$		1	1
$5,50 \text{ m} \leq L_p < 8,25 \text{ m}$	1 lajur	0,70	0,50
$8,25 \text{ m} \leq L_p < 11,25 \text{ m}$	2 lajur	0,50	0,475
$11,25 \text{ m} \leq L_p < 15,00 \text{ m}$	3 lajur	-	0,45
$15,00 \text{ m} \leq L_p < 18,75 \text{ m}$	4 lajur	-	0,425
$18,75 \text{ m} \leq L_p < 22,00 \text{ m}$	5 lajur	-	0,40
	6 lajur		

(Sumber : Perencanaam Perkerasan Beton Semen Dep PU, 2002)

2.8.6 Umur rencana perkerasan jalan ditentukan atas pertimbangan

Klasifikasi fungsional jalan, pola lalu lintas serta nilai ekonomis jalan yang bersangkutan, yang dapat ditentukan antara lain dengan metode *Benefit Cost Ratio*, *Internal Rate of Return*, kombinasi dari metode tersebut atau cara lain yang tidak terlepas dari pola pengembangan wilayah.

Umumnya perkerasan kaku/beton semen dapat direncanakan dengan Umur Rencana (UR) 20 tahun sampai 40 tahun.

2.8.7 Pertumbuhan lalu lintas

Volume lalu lintas akan bertambah sesuai dengan umur rencana atau sampai tahap dimana kapasitas jalan dicapai dengan factor pertumbuhan lalu lintas yang dapat ditentukan berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$R = \frac{(1+i)^{UR}-1}{e \log(1+i)} \dots\dots\dots (2.34)$$

Keterangan :

R = Faktor pertumbuhan lalu lintas

I = Laju pertumbuhan lalu lintas perahun (%)

UR = Umur rencana (tahun)

Faktor pertumbuhan lalulintas juga dapat ditentukan melalui tabel 2.23

Tabel 2.23 Faktor pertumbuhan lalu lintas (R)

Umur Reencana (Tahun)	Laju pertumbuhan lalulintas (i) pertahun (%)					
	0	2	4	6	8	10
5	5	5,2	5,4	5,6	5,9	6,1
10	10	10,9	12	13,2	14,5	15,9
15	15	17,3	20	23,3	27,2	31,8
20	20	24,3	29,8	36,8	45,8	57,3
25	25	32	41,6	54,9	73,1	98,3
30	30	40,6	56,1	79,1	113,3	164,5
35	35	50	73,7	111,4	172,3	271
40	40	60,4	95	154,8	259,1	442,6

(Sumber : Perencanaan perkerasan Beton Semen Dep PU; 11)

2.8.8 Lalu lintas rencana

Lalu lintas rencana adalah jumlah komulatif sumbu kendaraan niaga pada lajur rencana selama umur rencana, meliputi proporsi sumbu serta distribusi beban pada setiap jenis sumbu kendaraan.

Beban pada suatu jenis sumbu secara tipikal dikelompokkan dalam interval 10 kN (1 ton) bila diambil dari survei beban.

Jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana dihitung dengan rumus berikut :

$$JSKN = JSKN \times 356 \times R \times C \dots\dots\dots (2.35)$$

Keterangan :

JSKN = Jumlah Total Sumbu Kendaraan Niaga Selama Umur Rencana

JSKNH = Jumlah Total Sumbu Kendaraan Niaga per Hari pada saat Jalan dibuka

R = Faktor Pertumbuhan komulatif

C = Koefisien distribusi kendaraan

2.8.9 Faktor keamanan beban

Pada penentuan beban rencana, beban sumbu dikalikan dengan faktor keamanan beban (Fkb). Faktor keamanan beban ini digunakan berkaitan adanya berbagai tingkat rehabilitasi perencanaan seperti terlihat pada tabel 2.24

Tabel 2.24 Faktor Keamanan beban (Fkb)

No	Penggunaan	Nilai Fkb
1	Jalan bebas hambatan utama (major freeway) dan jalan berlajur banyak, yang aliran lalu lintasnya tidak terhambat serta volume kendaraan niaga yang tinggi. Bila menggunakan data lalu lintas dari hasil survei beban (weight-in-motion) dan adanya kemungkinan route alternatif, maka nilai faktor keamanan beban dapat dikurangi menjadi 1,15.	1,2
2	Jalan bebas hambatan (freeway) dan jalan arteri dengan volume kendaraan niaga menengah.	1,1
3	Jalan dengan volume kendaraan niaga rendah	1,0

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Beton Semen Dep PU; 12)

2.8.10 Sambungan

Sambungan pada perkerasan beton semen ditujukan untuk :

- Membatasi tegangan dan pengendalian retak yang disebabkan oleh penyusutan, pengaruh lenting serta beban lalu-lintas.
- Memudahkan pelaksanaan.
- Mengakomodasikan gerakan pelat.

Pada perkerasan beton semen terdapat beberapa jenis sambungan antara lain :

- Sambungan memanjang
- Sambungan melintang
- Sambungan isolasi

Semua sambungan harus ditutup dengan bahan penutup (*joint sealer*), kecuali pada sambungan isolasi terlebih dahulu harus diberi bahan pengisi (*joint filler*).

2.8.11 Sambungan Memanjang Dengan Batang Pengikat (*Tie Bars*)

Pemasangan sambungan memanjang ditujukan untuk mengendalikan terjadinya retak memanjang. Jarak antar sambungan memanjang sekitar 3-4 m.

Sambungan memanjang harus dilengkapi dengan batang ulir dengan mutu minimum BJTU-24 dan berdiameter 16 mm.

Ukuran batang pengikat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

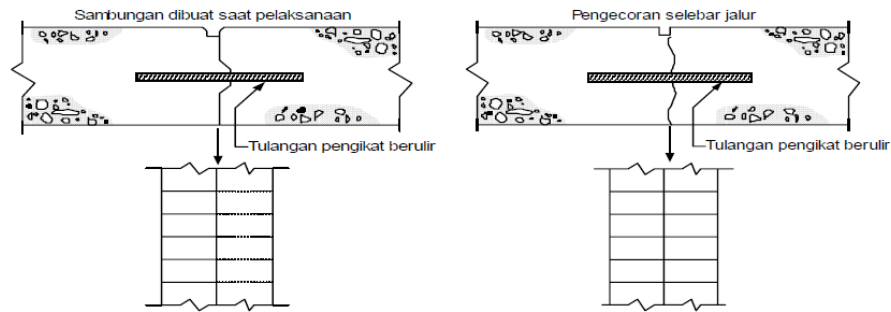
$$A_t = 204 \times b \times h \dots\dots\dots (2.36)$$

$$I = (38,3 \times \Phi) + 75 \dots\dots\dots (2.37)$$

Keterangan :

- | | |
|--------|--|
| A_t | = luas penampang tulangan per meter anjang sambungan (mm ²) |
| B | = Jarak terkecil antar sambungan atau jarak sambungan dengan tepi perkerasan (m) |
| h | = Tebal pelat (m) |
| I | = Panjang batang pengikat (mm) |
| Φ | = diameter batang pengikat yang dipilih (mm) |

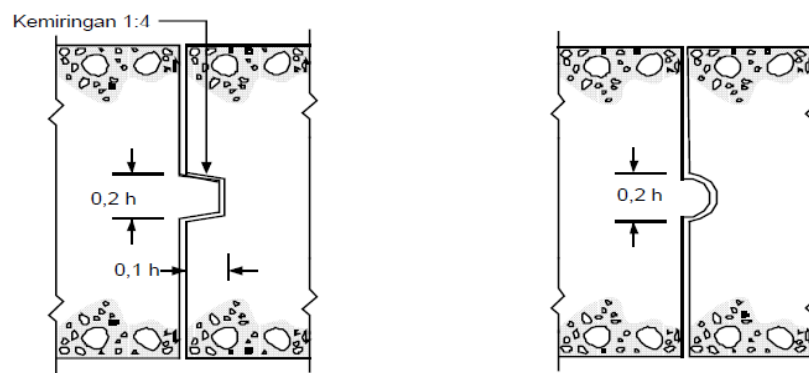
Jarak batang pengikat yang digunakan adalah 75 cm.



Gambar 2.24 Tipikal sambungan memanjang

2.8.12 Sambungan pelaksanaan memanjang

Sambungan pelaksanaan memanjang umumnya dilakukan dengan cara penguncian. Bentuk dan ukuran enguncian dapat berbentuk trapesium atau setengah lingkaran sebagaimana diperlihatkan pada gambar 2.26. Sambungan penghamparan pelat beton disebelahnya, permukaan sambungan pelaksanaan harus dicat dengan aspal atau kapur tembok untuk mencegah terjadinya ikatan beton lama dengan yang baru.



Gambar 2.25 Ukuran Standar penguncian sambungan memanjang

2.8.13 Sambungan susut memanjang

Sambungan susut memanjang dapat dilakukan dengan salah satu dari dua cara ini, yaitu menggergaji atau membentuk pada saat beton masih dengan kedalaman sepertiga dari tebal pelat.

2.8.14 Sambungan susut melintang

Ujung sambungan ini harus tegak lurus terhadap sumbu memanjang jalan dan tepi perkerasan. Untuk mengurangi beban dinamis, sambungan melintang harus dipasang dengan kemiringan 1 : 10 searah perputaran jarum jam.

Kedalaman sambungan kurang lebih mencapai seperempat dari tebal pelat untuk lapis pondasi stabilisasi semen sebagaimana diperlihatkan pada gambar 2.27 dan gambar 2.28

Jarak sambungan susut melintang untuk perkerasan beton bersambung tanpa tulangan sekitar 4-5 m, sedangkan untuk perkerasan beton bersambung dengan tulangan 8-15 m dan untuk sambungan perkerasan beton menerus dengan tulangan sesuai dengan kemampuan pelaksanaan.

Sambungan ini harus dilengkapi dengan ruji polos 45 cm , jarak antara ruji 30 cm, lurus dan bebas dari tonjolan tajam yang akan mempengaruhi gerakan bebas pada saat pelat beton menyusut.

Setengah panjang ruji polos harus dicat atau dilumuri dengan bahan anti lengket untuk menjamin tidak ada ikatan dengan beton.

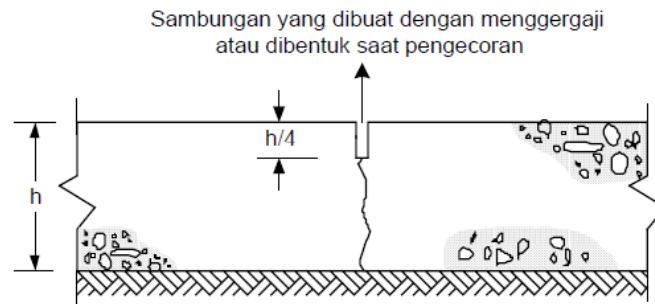
Diameter ruji tergantung pada tebal pelat beton sebagaimana terlihat pada tabel 2.25. Sambungan pelaksanaan melintang yang tidak direncanakan (darurat) harus menggunakan batang pengikat berulir, sedangkan pada sambungan yang direncanakan harus menggunakan batang tulangan polos yang diletakkan di tengah tebal pelat. Tipikal sambungan pelaksanaan melintang diperlihatkan pada Gambar 2.25. Sambungan pelaksanaan tersebut di atas harus dilengkapi dengan batang pengikat berdiameter 16 mm, panjang 69 cm dan jarak 60 cm, untuk ketebalan pelat sampai 17 cm.

Untuk ketebalan lebih dari 17 cm, ukuran batang pengikat berdiameter 20 mm, panjang 84 cm dan jarak 60 cm.

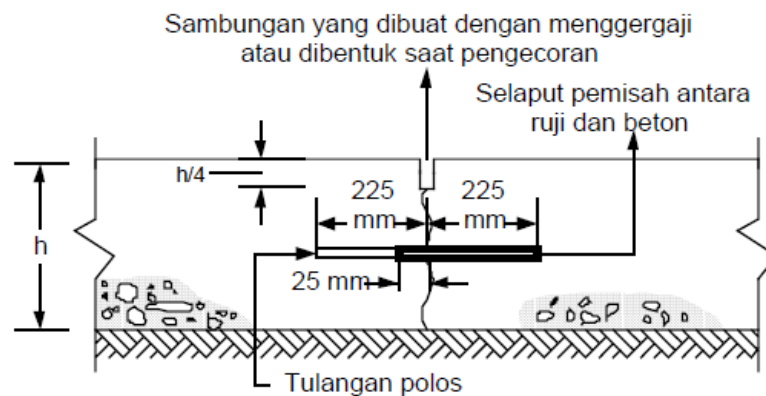
Tabel 2.25 Diameter Ruji

No	Tebal Pelat Beton (mm)	Diameter Ruji (mm)
1	$125 < h \leq 140$	20
2	$140 < h \leq 160$	24
3	$160 < h \leq 190$	28
4	$190 < h \leq 220$	33
5	$220 < h \leq 250$	36

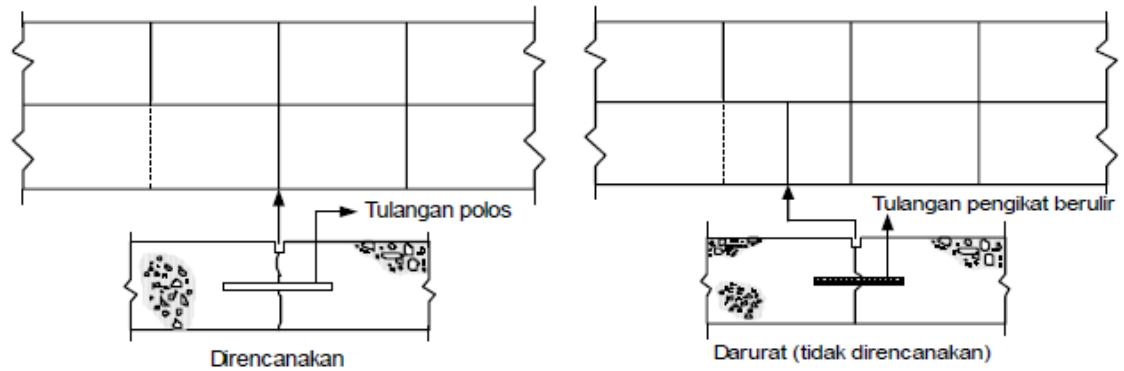
(Sumber : Perencanaan Perkerasan Beton Semen Dep PU; 14)



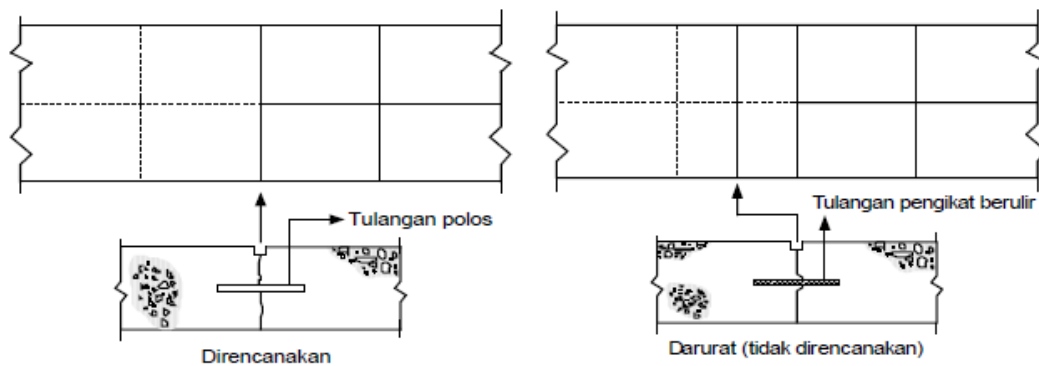
Gambar 2.26 Sambungan susut melintang tanpa ruji



Gambar 2.27 Sambungan susut melintang dengan ruji



Gambar 2.28 Sambungan pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran per lajur

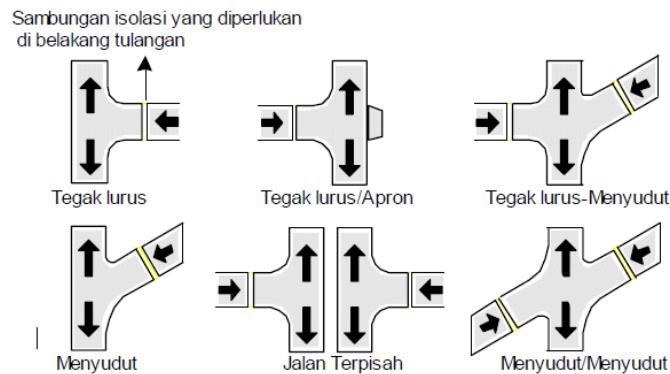


Gambar 2.29 Sambungan pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran seluruh lebar perkerasan

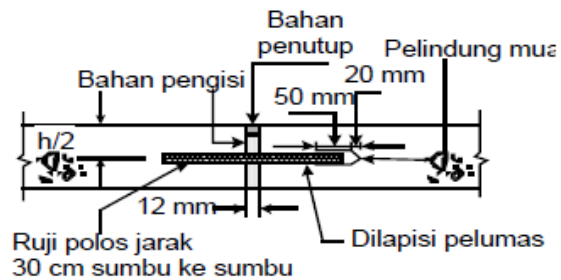
2.8.15 Sambungan isolasi

Sambungan isolasi memisahkan perkerasan jalan dengan bangunan yang lain, misalnya manhole, jembatan, tiang, jalan lama, persimpangan dan lain sebagainya.

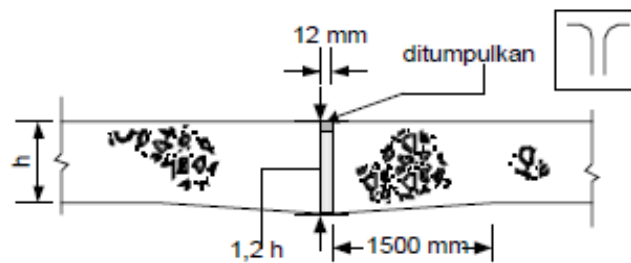
Sambungan isolasi harus dilengkapi dengan bahan penutup (*joint sealer*) sebagaimana diperlihatkan pada gambar dibawah ini



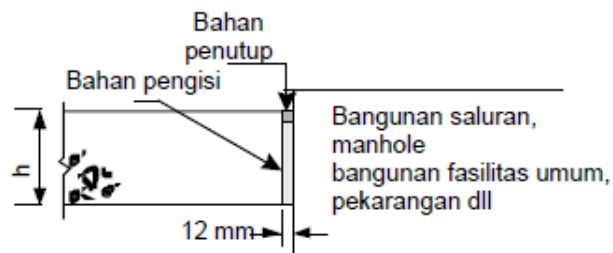
Gambar 2.30 Contoh persimpangan yang membutuhkan sambungan isolasi



Gambar 2.31 Sambungan isolasi dengan ruji



Gambar 2.32 Sambungan isolasi dengan penebalan tepi



Gambar 2.33 Sambungan isolasi tanpa ruji

Sambungan isolasi yang digunakan pada bangunan lain, seperti jembatan perlu pemasangan ruji sebagai transfer beban. Pada ujung ruji harus dipasang pelindung muai agar ruji dapat bergerak bebas.

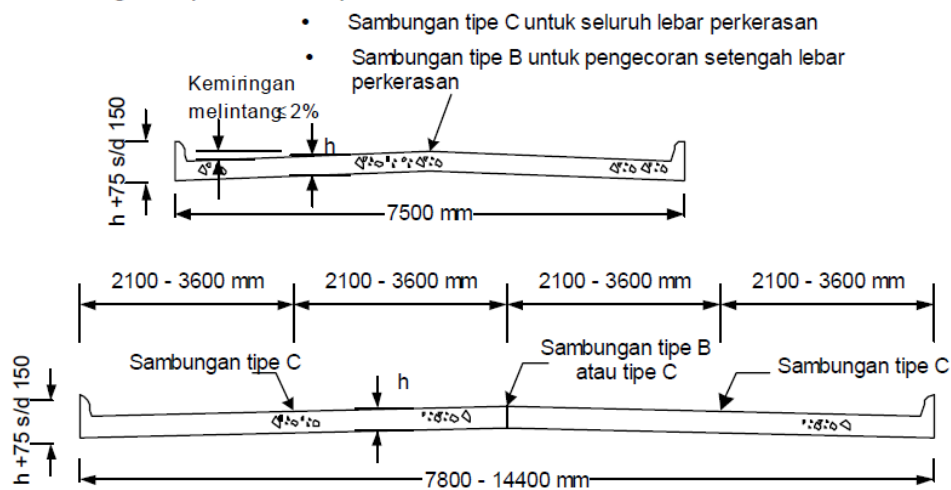
2.8.16 Pola sambungan

Pola sambungan pada perkerasan beton semen harus mengikuti batasan-batasan sebagai berikut :

- a. Hindari bentuk panel yang tidak teratur. Usahakan bentuk panel persegi mungkin.
- b. Perbandingan maksimum panjang panel terhadap lebar adalah 1,25.
- c. Jarak maksimum sambungan memanjang 3 - 4 meter.
- d. Jarak maksimum sambungan melintang 25 kali tebal pelat, maksimum 5,0 meter.
- e. Semua sambungan susut harus menerus sampai kerb dan mempunyai kedalaman seperempat dan sepertiga dari tebal perkerasan masing-masing untuk lapis pondasi berbutir dan lapis stabilisasi semen.
- f. Antar sambungan harus bertemu pada satu titik untuk menghindari terjadinya retak refleksi pada lajur yang bersebelahan.
- g. Sudut antar sambungan yang lebih kecil dari 60 derajat harus dihindari dengan mengatur 0,5 m panjang terakhir dibuat tegak lurus terhadap tepi perkerasan.
- h. Apabila sambungan berada dalam area 1,5 meter dengan manhole atau bangunan yang lain, jarak sambungan harus diatur sedemikian rupa sehingga antara sambungan dengan manhole atau bangunan yang lain tersebut membentuk sudut tegak lurus. Hal tersebut berlaku untuk bangunan yang berbentuk bundar. Untuk bangunan berbentuk segi empat, sambungan harus berada pada sudutnya atau diantara dua sudut.
- i. Semua bangunan lain seperti *manhole* harus dipisahkan dari perkerasan dengan sambungan muai selebar 12 mm yang meliputi keseluruhan tebal pelat.

- j. Perkerasan yang berdekatan dengan bangunan lain atau *manhole* harus ditebalkan 20% dari ketebalan normal dan berangsur-angsur berkurang sampai ketebalan normal sepanjang 1,5 meter seperti diperlihatkan pada Gambar 11b.
- k. Panel yang tidak persegi empat dan yang mengelilingi manhole harus diberi tulangan berbentuk anyaman sebesar 0,15% terhadap penampang beton semen dan dipasang 5 cm di bawah permukaan atas. Tulangan harus dihentikan 7,5 cm dari sambungan.

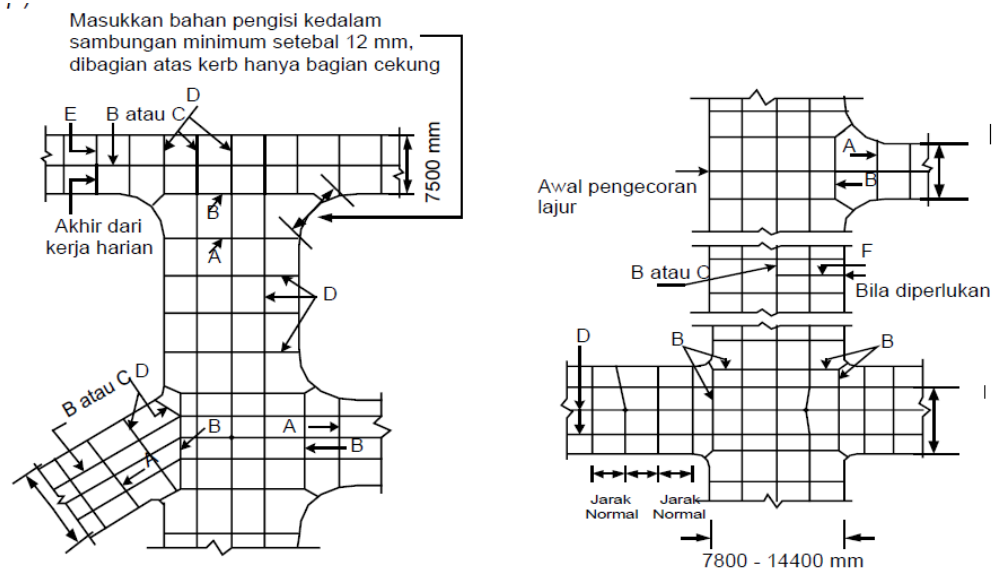
Tipikal pola sambungan diperlihatkan pada Gambar 2.35



Gambar 2.34 Potongan melintang perkerasan dan lokasi sambungan

2.8.17 Penutup sambungan

Penutup sambungan dimaksudkan untuk mencegah masuknya air dan atau benda lain ke dalam sambungan perkerasan. Benda-benda lain yang masuk ke dalam sambungan dapat menyebabkan kerusakan berupa gompal dan atau pelat beton yang saling menekan ke atas (*blow up*).



Gambar 2.35 Detail Potongan melintang sambungan perkerasan

Keterangan gambar 2.35

- A = Sambungan isolasi
- B = Sambungan pelaksanaan memanjang
- C = Sambungan susut memanjang
- D = Sambungan susut melintang
- E = Sambungan susut melintang yang direncanakan
- F = Sambungan pelaksanaan melintang yang tidak direncanakan

2.8.18 Perencanaan tebal pelat

Prosedur perencanaan perkerasan beton semen didasarkan atas dua model kerusakan yaitu :

- a. Retak fatik (lelah) tarik lentur pada pelat.
- b. Erosi pada pondasi bawah atau tanah dasar yang diakibatkan oleh lendutan berulang pada sambungan dan tempat retak yang direncanakan.

Prosedur ini mempertimbangkan ada tidaknya ruji pada sambungan atau bahu beton. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan dianggap sebagai perkerasan bersambung yang dipasang ruji.

Data lalu-lintas yang diperlukan adalah jenis sumbu dan distribusi beban serta jumlah repetisi masing-masing jenis sumbu/kombinasi beban yang diperkirakan selama umur rencana.

Tebal pelat taksiran dipilih, dan total fatik serta kerusakan erosi dihitung berdasarkan komposisi lalu lintas selama umur rencana . Jika merusakkan fatik atau erosi lebih dari 100%, tebal taksiran dinaikkan dan proses perencanaan di ulangi.

Tebal rencana adalah tebal taksiran yang paling kecil yang mempunyai total fatik dan atau total kerusakan erosi lebih kecil atau sama dengan 100%.

2.8.19 Perencanaan tulangan

Tujuan utama penulangan untuk :

- Membatasi lebar retakkan, agar kekuatan pelat tetap dapat dipertahankan.
- Memungkinkan penggunaan pelat yang lebih panjang agar dapat mengurangi jumlah sambungan melintang sehingga dapat meningkatkan kenyamanan
- Mengurangi biaya pemeliharaan

Jumlah tulangan yang diperlukan dipengaruhi oleh jarak sambungan susut, sedangkan untuk beton bertulang menerus diperlukan jumlah tulangan yang cukup untuk mengurangi sambungan susut.

a. Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan

Pada perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan, ada kemungkinan penulangan perlu di pasang di beberapa tempat tertentu untuk mengendalikan retak. Bagian-bagian pelat yang diperkrakan akan mengalami retak akibat konsentrasi tegangan, yang tidak dapat dihindari meskipun dengan pengaturan pola sambungan, maka pelat harus diberi tulangan. Penerapan tulangan umumnya dilaksanakan pada :

- Pelat dengan betuk tak lazim. Pelat disebut tidak lazim bila perbandingan antara panjang dengan lebar lebih besar dari 1,25 atau bila pola sambungan pada pelat tidak benar-benar bebebntuk bujur sangkar atau empat persegi panjang.
- Pelat dengan sambungan tidak sejalur
- Pelat berlubang

b. Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan

Luas penampang tulangan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$A_s = \frac{\mu \cdot L \cdot M \cdot g \cdot h}{2 \cdot f_s} \dots\dots\dots (2.38)$$

Keterangan :

A_s = Luas penampang tulangan baja (mm^2/m lebar pelat)

F_s = Kuat-tarik ijin tulangan (MPa). Biasanya 0,6 kali tegangan leleh.

G = Gravitasi (m/detik^2).

H = Tebal pelat beton (m)

L = Jarak antara sambungan yang tidak diikat dan/atau tepi bebas pelat (m)

M = Berat per satuan volume pelat (kg/m^3)

μ = Koefisien gesek antara pelat beton dan pondasi bawah (nilai koofisien gesek pada tabel 2.26)

c. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan

1. Penulangan memanjang

Tulangan memanjang yang dibutuhkan pada perkerasan beton semen menerus dengan tulangan dihitung dari persamaan sebagai berikut :

$$P_s = \frac{100 \cdot f_{ct} \cdot 91,3 - 0,2\mu}{f_y - n \cdot f_{ct}} \dots\dots\dots (2.39)$$

Tabel 2.26 Nilai koefisien gesek (μ)

Type material dibawah slab	koefisien gesek (μ)
Burtu,Lapen & konstruksi sejenis	2,2
Aspal beton, laston	1,8
Stabilitas kapur	1,8
Stabilitas aspal	1,8
Stabilitas semen	1,8
Koral sungai	1,8
Batu pecah	1,5
Sirtu	1,2
Tanah	0,9

(Sumber : Perencanaan Jalan Raya 2 , 2003)

Keterangan :

P_s = Persentase luas tulangan memanjang yang dibutuhkan terhadap
luas penampang beton (%)

f_{ct} = Kuat tarik langsung beton = (0,4-0,5 f_{ct}) (kg/cm^2)

f_y = Tegangan leleh rencana baja (kg/cm^2)

n = Angka ekivalensi antara baja dan beton (E_s/E_c), dapat dilihat
pada tabel

μ = Koefisien gesekan antara baja dan beton dengan lapisan
dibawahnya

E_s = Modulus elastis baja = $2,1 \times 10^6$ (kg/cm^2)

E_c = Modulus elastis beton = $1485 f_c$ (kg/cm^2)

Tabel 2.27 Hubungan kuat tekan beton dan angka
ekivalen baja dan beton (n)

f_c (kg/cm^2)	N
175 – 225	10
235 – 285	8
290 – ke atas	6

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Beton Semen Dep PU , 2003 ; 30)

Persentase minimum dari tulangan memanjang pada perkerasan beton menerus adalah 0,6 % luas penampang beton. Jumlah optimum tulangan memanjang perlu dipasang agar jarak dan lebar retakan dapat dikendalikan.

Secara teoritis jarak antara retakan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan dihitung dari persamaan berikut :

$$Lcr = \frac{f_{ct}^2}{n.p^2.u.f_b(\epsilon_s.E_c - f_{ct})} \dots\dots\dots (2.40)$$

Keterangan :

Lcr = Jarak teoritis antara retakan.

P = Perbandingan luas tulangan memanjang dengan luas penampang beton.

Fb = tegangan lekat antara tulangan dengan beton = $(1,97 \frac{\sqrt{f_c}}{d} / d)$ (kg/cm²)).

u = Aperbandingan keliling terhadap luas tulangan = 4/d.

εs = koefisien susut beton = (400. 10⁶).

fct = kuat tarik langsung beton = (0,4-0,5 fct).

n = angka ekivalensi antara baja dan beton (es/Ec).

Es = midulus elastisitas baja = 2,1 x 10⁶ (kg/cm²).

Ec = Modulus elasyisitas beton = 1485 fc (kg/cm²)

- Jarak retakan teoritis yang dihitung dengan persamaan diatas harus memberikan hasil antara 150-250 cm.
- Jarak antar tulangan = 100 mm – 225 mm.
- Diameter batang tulangan memanjang berkisar antara 12 mm - 20 mm.

2. Penulangan melintang

Luas tulangan melintang (As) yang diperlukan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan dihitung dengan menggunakan persamaan (2.38)

Tulangan melintang direkomendasikan sebagai berikut : (Perencanaan Perkerasan Beton Semen Dep PU, 2003)

- Diameter batang ulir tidak lebih kecil dari 12 mm.
- Jarak maksimum tulangan dari sumbu ke sumbu 75 cm.

2.9 Perencanaan Drainase

Drainase adalah prasarana yang berfungsi mengalirkan air permukaan ke badan air atau ke bangunan resapan buatan.

Sedangkan drainase jalan adalah prasarana yang dapat bersifat alami ataupun buatan yang berfungsi untuk memutuskan dan menyalurkan air permukaan ataupun bawah tanah, biasanya menggunakan bantuan gaya gravitasi, yang terdiri atas saluran samping dan gorong-gorong ke badan air penerima atau tempat peresapan buatan (contoh : sumur resapan air hujan atau kolam drainase tampungan setnentara).

Pada perencanaan drainase dikenal adanya istilah sistem drainase atau serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan ke badan air atau tempat peresapan buatan. Bangunan system drainase dapat terdiri atas saluran penerima saluran pembawa air berlebih, saluran pengumpul dan badan air penerima.

Agar aliran air hujan dapat ditampung dan dialirkan ketempat pembuangan (sungai, dll), maka kapasitas sarana drainase jalan (kecuali saluran alam) ukuran dimensinya harus direncanakan terlebih dahulu.

2.9.1 Desain saluran samping

Langkah perencanaanya adalah sebgai berikut :

- a. Menentukan frekuensi hujan rencana pada masa ulang T (tahun)

Untuk menentukan frekuensi curah hujan digunakan cara atau metode Gumbel, cara ini digunakan apabila data curah hujan tersedia dengan lengkap, sehingga

diperoleh perhitungan hujan rata-rata sesuai dengan jumlah tahun pengamatan.

Untuk perhitungan cara Gumbel digunakan rumus sebagai berikut :

$$\bar{R} = \frac{\sum R}{n} \dots\dots\dots (2.40)$$

$$Sx = \sqrt{\frac{\sum (R - \bar{R})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2.41)$$

$$\bar{R}_t = \bar{R} + \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \cdot Sx \dots\dots\dots (2.42)$$

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots (2.43)$$

Keterangan :

\bar{R}	=	Curah hujan harian rata – rata
Sx	=	Standar deviasi
\bar{R}_t	=	Hujan rencana untuk periode ulang T tahun
Y_t	=	Faktor reduksi (table 2.28)
Y_n	=	Angka reduksi rata-rata (table 2.29)
S_n	=	Angka reduksi standar deviasi (table 2.30)
K	=	Faktor frekuensi (nilai K bisa dilihat pada (tabel 2.28)

Tabel 2.28 Faktor frekuensi (K)

T	YT	Lama Pengamatan (tahun)				
		10	15	20	25	30
2	0,3665	-0.1355	-0.1434	-0.1478	-0.1506	-0.1526
5	1,1499	1.0580	0.9672	0.9186	0.8878	0.8663
10	2,2502	1.8482	1.7023	1.6246	1.5752	1.5408
20	2,9702	2.6064	2.4078	2.302	2.2348	2.1881
25	3,1985	2.8468	2.6315	2.5168	2.444	2.3933
50	3,9019	3.5875	3.3207	3.1787	3.0884	3.0256
100	4,6001	4.3228	4.0048	3.8356	3.7281	3.6533

(Sumber : Shirley L. Hendarsin , 2000)

Tabel 2.29 Angka reduksi rata-rata (Yn)

n	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	0,4952	0,5236	0,5362	0,5436	0,5485	0,5521	0,5548	0,5569	0,5586	0,56
1	0,4996	0,5252	0,5371	0,5442	0,5489	0,5524	0,555	0,557	0,5587	
2	0,5035	0,5268	0,538	0,5448	0,5493	0,5527	0,5552	0,5572	0,5589	
3	0,507	0,5283	0,5388	0,5453	0,5497	0,553	0,5555	0,5574	0,5591	
4	0,51	0,5296	0,5396	0,5458	0,5501	0,5533	0,5557	0,5576	0,5592	
5	0,5128	0,5309	0,5402	0,5463	0,5504	0,5535	0,5559	0,5578	0,5593	
6	0,5157	0,532	0,541	0,5468	0,5508	0,5538	0,5561	0,558	0,5595	
7	0,5181	0,5332	0,5418	0,5473	0,5511	0,554	0,5563	0,5581	0,5596	
8	0,5202	0,5343	0,5424	0,5477	0,5515	0,5543	0,5565	0,5583	0,5598	
9	0,522	0,5353	0,543	0,5481	0,5518	0,5545	0,5567	0,5585	0,5599	

(Sumber : Shirley L. Hendarsin , 2000)

Tabel 2.30 Angka reduksi standar deviasi (Sn)

n	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	0,9496	1,0628	1,1124	1,1413	1,1607	1,1747	1,1854	1,1938	1,2007	1,2065
1	0,9676	1,0696	1,1159	1,1436	1,1623	1,1759	1,1863	1,1945	1,2013	
2	0,9833	1,0754	1,1193	1,1458	1,1638	1,177	1,1873	1,1953	1,202	
3	0,9971	1,0811	1,1226	1,148	1,1658	1,1782	1,1881	1,1959	1,2026	
4	1,0095	1,0864	1,1255	1,1499	1,1667	1,1793	1,189	1,1967	1,2032	
5	1,0206	1,0915	1,1285	1,1519	1,1681	1,1803	1,1898	1,1973	1,2038	
6	1,0316	1,0961	1,1313	1,1538	1,1696	1,1814	1,1906	1,198	1,2044	
7	1,0411	1,1004	1,1339	1,1557	1,1708	1,1824	1,1915	1,1987	1,2049	
8	1,0493	1,1047	1,1363	1,1574	1,1721	1,1834	1,1923	1,1994	1,2055	
9	1,0565	1,1086	1,1388	1,159	1,1734	1,1844	1,193	1,2001	1,206	

(Sumber : Shirley L. Hendarsin , 2000)

b. Waktu kosentrasi (T_c)

Adalah waktu yang diperlukan oleh air hujan yang jatuh pada titik terjauh dalam suatu *catchmen area* untuk menuju ke titik *outlet*. Waktu kosentrasi terbagi atas dua, yaitu (t_0 atau t_1) adalah waktu untuk mencapai awal saluran (*inlet*) dan (t_d atau t_2) waktu pengaliran dalam saluran.

Rumus yang digunakan diantaranya :

$$t_0 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_0 \times \frac{nd}{\sqrt{s}} \right)^{0,167} \dots\dots\dots (2.44)$$

$$t_d = L/60.V \dots\dots\dots (2.45)$$

$$T_c = t_0 + t_c \dots\dots\dots (2.46)$$

Keterangan :

- Lo = Jaarak dari titik terjauh kefasilitas drainase (m)
 L = Panjang saluran (m)
 Nd = koofisien hambatan
 S = Kemiringan daerah pengaliran/ kemiringan tanah
 V = kecepatan rata-rata aliran dalam saluran (m/dt)

Catatan : Nilai kemiringan saluran (S) disesuaikan dengan kelandaian jalan dengan nilai minimal = 0,5 %. Untuk nilai nd diambil dari tabel 2.31 dan nilai V diambil dari tabel 2.32.

Tabel 2.31 Nilai koofisien hambatan (nd)

Kondisi permukaan	nd
Lapisn semen dan aspal beton	0,013
Permukaan licin dan kedap air	0,020
Permukaan licin dan kokoh	0,1
Tanah dengan rumput tipis & gundul dengan permukaan sedikit kasar	0,2
Padang rumput	0,4
Hutan gundul	0,6
Hutan rimbun dan hutan gundul rapat dengan hamparan rumput jarang sampai padat	08

(Sumber : Shirley L. Hendarsin , 2000 ; 277)

c. Intensitas hujan selama waktu kosentrasi

Curah hujan dalam jangka waktu pendek dinyatakan dalam intensitas, yaitu tinggi air per satuan waktu (mm/jam, mm/menit).

$$It = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left(\frac{24}{T_c}\right)^{2/3} \dots\dots\dots (2.47)$$

Keterangan

- It = Intensitas hujan (mm/jam)
 R24) = Curah hujan harian maksimum (mm)
 Tc = Waktu kosentrasi (jam)

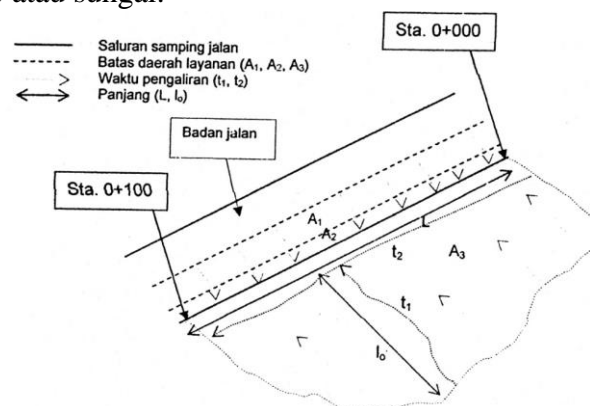
Tabel 2.32 Kecepatan aliran izin (V)

No	Jenis Material	V izin (m/dt)
1	Pasir	0,45
2	Lempung kepasiran	0,50
3	Lanau alluvial	0,60
4	Krikil halus	0,75
5	Lempung kokoh	0,75
6	Lempung padat	1,10
7	Krikil kasar	1,20
8	Batu-batu besar	1,50
9	Pasangan batu	1,50
10	Beton	1,50
11	Beton bertulang	1,50

(Sumber : Perencanaan sistem drainase jalan Dep PU, 2006 ; 2)

d. Luas daerah pengaliran

Luas daerah tangkapan hujan (*catchmen area*) pada perencanaan saluran samping jalan dan *culvert* adalah daerah pengaliran (*drainage area*) yang menerima curah hujan selama waktu tertentu (intensitas hujan), sehingga menimbulkan debit limpasan yang harus ditampung oleh saluran samping untuk dialirkan ke *culvert* atau sungai.



Gambar 2.36 Penempatan segmen antar *stationing*

e. Koefisien pengaliran

Koefisien pengaliran atau koefisien limpasan (C), adalah angka reduksi dari intensitas hujan, yang besarnya disesuaikan dengan kondisi permukaan, kemiringan atau kelayakan, jenis tanah dan durasi hujan.

Apabila koefisien pengaliran terdiri lebih dari satu jenis kondisi permukaan pengaliran, maka rumusnya adalah sebagai berikut :

$$C_w = \frac{C_1.A_1 + C_2.A_2 + \dots}{A_1 + A_2 + \dots} \dots\dots\dots(2.48)$$

Keterangan :

C_1, C_2 = Koefisien pengaliran sesuai jenis permukaan
 A_1, A_2 = Luas daerah pengaliran (km²)
 C_w = C rata-rata pada daerah pengaliran

f. Debit limpasan

Debit limpasan adalah jumlah pengaliran limpasan yang masuk kedalam saluran samping, rumus yang digunakan adalah :

$$Q_r = \frac{C.It.A}{3,6} \dots\dots\dots(2.49)$$

Keterangan :

Q = Debit limpasan (m³/detik)
 C = Koefisien pengaliran (table 2.33)
 It = Intensitas hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)
 A = Luas daerah pengaliran/ tangkapan (km²)

g. Perencanaan dimensi saluran samping

Bentuk penampang saluran samping yang akan didesain adalah bentuk trapezium dengan kemiringan talud.

Tabel 2.33 Koefisien pengaliran

No	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)
	BAHAN	
1	Jalan beton dan aspal	0,70 – 0,95
2	Jalan kerikil dan jalan tanah	0,40 – 0,70
3	Bahu jalan : a. Tanah berbutir halus b. Tanah berbutir kasar c. Batuan masif keras d. Batuan masif lunak	0,40 – 0,65 0,10 – 0,20 0,70 – 0,85 0,60 – 0,75
	TATA GUNA LAHAN	
1	Daerah perkotaan	0,70 – 0,95
2	Daerah pinggir kota	0,60 – 0,70
3	Daerah industry	0,60 – 0,90
4	Pemukiman padat	0,60 – 0,80
5	Pemukiman tidak padat	0,40 – 0,60
6	Taman dan kebun	0,20 – 0,40
7	Persawahan	0,45 – 0,60
8	Perbukitan	0,70 – 0,80
9	Pegunungan	0,75 – 0,90

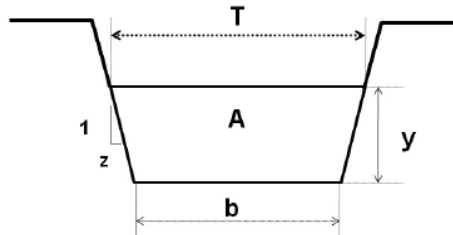
(Sumber : Perencanaan sistem drainase jalan Dep PU, 2006 ; 9)

Tabel 2.34 Kemiringan talud berdasarkan debit

NO	Debit Air (m ³ /dtk)	Kemiringan (1: z)
1	0,00 – 0,75	1: 1
2	0,75 – 15	1 : 1,5

3	15 - 80	1: 2
---	---------	------

(Sumber : Perencanaan sistem drainase Dep PU, 2006 ; 19)



Gambar 2.37 Penampang saluran trapezium

1) Menentukan penampang basah

$$Q = V \times A$$

$$Ad = Q / V$$

Keterangan :

Q = Debit limpasan (m³/detik)

V = Kecepatan aliran (m/detik)

Ad = Luas penampang desain

2) Penampang ekonomis

- Untuk penampang ekonomis saluran trapesium

$$b + 2zy = 2y\sqrt{z^2 + 1} \dots\dots\dots (2.50)$$

- Dari persamaan diatas, apabila nilai z telah ditentukan maka persamaan yang akan didapat adalah

$$b = xy \dots\dots\dots (2.51)$$

Nilai x adalah berupa hasil perhitungan, persamaan 2.51 nantinya digunakan untuk menentukan nilai kedalaman aliran (y)

- Luas penampang ekonomis (Ae)

$$Ae = y (b + y) \dots\dots\dots (2.52)$$

Dari persamaan $\rightarrow (Ad)^2 = (Ae)^2$ akan didapat nilai y (kedalaman aliran)

3) Tinggi jagaan (W)

$$W = \sqrt{0,5 \times y} \dots\dots\dots (2.53)$$

4) Lebar dasar saluran (b)

Setelah nilai y diketahui, maka lebar dasar saluran dapat dihitung menggunakan persamaan 2.51

5) Keliling basah (p)

$$P = b + 2y\sqrt{z^2 + 1} \dots\dots\dots (2.54)$$

6) Radius hidrolis (R)

$$R = A / P \dots\dots\dots (2.55)$$

7) Kemiringan dasar saluran (I)

$$I^2 = \left[\frac{V}{\frac{1}{n} \times R^{2/3}} \right] \dots\dots\dots (2.56)$$

“n” adalah angka kekasaran meaning, nilainya terdapat pada tabel 2.35

2.9.2 Gorong-gorong

Fungsi gorong-gorong adalah mengalirkan air dari sisi jalan ke sisi lainnya. Untuk itu desainnya harus juga mempertimbangkan faktor hidrolis dan struktur supaya gorong-gorong dapat berfungsi mengalirkan air dan mempunyai daya dukung terhadap beban lalu lintas dan timbunan tanah.

Mengingat fungsinya maka gorong-gorong disarankan dibuat dengan tipe konstruksi yang permanen (pipa/kotak beton, pasangan batu, armco) dan desain umur rencana 10 tahun. Komposisi Gorong-gorong

Bagian utama gorong-gorong terdiri atas:

- a. Pipa : kanal air utama.
- b. Tembok kepala :
 - Tembok yang menopang ujung dan lereng jalan.

- Tembok penahan yang dipasang bersudut dengan tembok kepala, untuk menahan bahu dan kemiringan jalan.

Tabel 2.35 Koofisien kekasaran meaning

No	Tipe saluran	Baik sekali	baik	Sedang	Jelek
	SALURAN BUATAN				
1	Saluran tanah lurus teratur	0,017	0,020	0,023	0,025
2	Saluran tanah yang dibuat dengan excavator	0,023	0,028	0,030	0,040
3	Saluran pada dinding batuan, lurus, teratur	0,020	0,030	0,033	0,035
4	Saluran pada dinding batuan, tidak lurus, tidak teratur	0,035	0,040	0,045	0,045
5	Saluran buatan yang diledakkan, ada tumbuhan	0,025	0,030	0,035	0,040
6	Dasar saluran dari tanah, sisi saluran berbatu	0,028	0,030	0,035	0,035
7	Saluran lengkung, dengan kecepatan aliran rendah	0,020	0,025	0,028	0,030
	SALURAN ALAM				
8	Bersih, lurus, tidak berpasir dan tidak berlubang	0,025	0,028	0,030	0,033
9	Seperti no.8 namun ada timbunan atau kerikil	0,030	0,033	0,035	0,040
10	Melengkung, bersih, berluabang & berdinding pasir	0,030	0,035	0,040	0,045
11	Seperti no.10, dangkal dan tidak teratur	0,040	0,045	0,050	0,055
12	Seperti no.10, berbatu dan ada tumbuhan	0,035	0,040	0,045	0,050
13	Seperti no.11, sebagian berbatu	0,045	0,050	0,055	0,060
14	Aliran pelan banyak tumbuhan dan berlubang	0,050	0,060	0,070	0,080
15	Banyak tumbuh-tumbuhan	0,075	0,100	0,125	0,150
	SALURAN BUATAN, BETON / BATU KALI				
16	Saluran pasangan batu, tanpa penyelesaian	0,025	0,030	0,033	0,035
17	Seperti no.16 tapi dengan penyelesaian	0,017	0,020	0,025	0,030
18	Saluran beton	0,014	0,016	0,019	0,021
19	Saluran beton halus dan rata	0,010	0,011	0,012	0,013
20	Saluran beton pracetak dengan acuan baja	0,013	0,014	0,014	0,015
21	Saluran beton pracetak dengan acuan kayu	0,015	0,016	0,016	0,018

(Sumber : *Perencanaan sistem drainase jalan Dep PU, 2006 ; 20*)

c. Apron (dasar) :

Lantai dasar dibuat pada tempat masuk untuk mencegah terjadinya erosi dan dapat berfungsi sebagai dinding penyekat lumpur.

Bentuk gorong-gorong umumnya tergantung pada tempat yang ada dan tingginya timbunan.

Penempatan gorong-gorong

- 1) Ditempatkan melintang jalan yang berfungsi untuk menampung air dari hulu saluran drainase dan mengalirkannya
- 2) Harus cukup besar untuk melewati debit air secara maksimum dari daerah pengaliran secara efisien
- 3) Kemiringan gorong-gorong antara 0,5% – 2% dengan pertimbangan faktor-faktor yang dapat mengakibatkan terjadinya pengendapan erosi di tempat air masuk dan pada bagian pengeluaran
- 4) Tipe dan bahan gorong-gorong yang permanen dengan disain umur rencana untuk periode ulang atau kala ulang hujan untuk perencanaan gorong-gorong disesuaikan dengan fungsi jalan tempat gorong-gorong berlokasi :
 - Jalan Tol : 25 tahun
 - Jalan Arteri : 10 tahun
 - Jalan Kolektor : 7 tahun
 - Jalan Lokal : 5 tahun
- 5) Perhitungan dimensi gorong-gorong mengambil asumsi sebagai saluran terbuka.
- 6) Dimensi gorong-gorong minimum dengan diameter 80 cm. Kedalaman gorong-gorong yang aman terhadap permukaan jalan, tergantung tipe dengan kedalaman minimum 1m – 1,5m dari permukaan jalan.

- 7) Faktor utama yang mempengaruhi kecepatan keluaran adalah kemiringan dan kekasaran gorong-gorong.
- 8) Tebal bantalan untuk pemasangan gorong-gorong, tergantung pada kondisi tanah dasar dan berat gorong-gorong serta beban yang bekerja diatasnya.
- 9) Pemasangan tembok sayap dan kepala pada gorong-gorong dimaksudkan untuk melindungi gorong-gorong dari bahaya longsor tanah yang terjadi di atas dan samping gorong-gorong akibat adanya erosi air atau beban lalu lintas yang berada diatas gorong-gorong.

2.10 Pengertian RKS, RAB dan Manajemen Proyek

2.10.1 Pengertian rencana kerja dan syarat (RKS)

Penyusunan rencana kerja dan syarat (RKS) merupakan penjelasan tertulis perencanaan secara keseluruhan yang meliputi:

- a. Keterangan mengenai pekerjaan
- b. Keterangan mengenai pemberian tugas
- c. Keterangan mengenai perancang
- d. Keterangan mengenai pengawas bangunan

2.10.2 Pengertian rencana anggaran biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya adalah merencanakan banyaknya biaya yang akan digunakan serta susunan pelaksanaannya. Dalam perencanaan anggaran biaya perlu dilampirkan analisa harga satuan bahan dari tiap pekerjaan agar jenis-jenis pekerjaan dan bahan yang digunakan.

2.10.3 Pengertian manajemen proyek

Manajemen Proyek adalah semua perencanaan, pelaksanaan, pengendalian dan koordinasi suatu proyek dari awal (gagasan) hingga berakhirnya proyek untuk menjamin pelaksanaan proyek secara tepat waktu, biaya dan tepat mutu.

2.10.4 Macam-macam manajemen proyek

a. *Network planning* (NWP)

Untuk menyelesaikan suatu pekerjaan kontruksi suatu perencanaan yang tepat untuk menyelesaikan tiap-tiap pekerjaan yang ada, Di dalam NWP dapat diketahui adanya hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan satu dengan yang lain. Hubungan ini digambarkan dalam suatu diagram *network*, sehingga kita akan dapat mengetahui bagian-bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan, pekerjaan mana yang menunggu selesainya pekerjaan lain atau pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa-gesa sehingga orang dan alat dapat digeser ke tempat lain. Adapun kegunaan dari NWP ini adalah:

- 1) Merencanakan, *scheduling* dan mengawasi proyek secara logis.
- 2) Memikirkan secara menyeluruh, tetapi juga secara mendetail dari proyek.
- 3) Mendokumentasikan dan mengkomunikasikan rencana *scheduling* (waktu); dan alternatif-alternatif lain penyelesaian proyek dengan tambahan biaya.
- 4) Mengawasi proyek dengan lebih efisien, sebab hanya jalur-jalur kritis (*critical path*) saja yang perlu konsentrasi pengawas ketat.

Adapun data-data yang diperlukan dalam menyusun NWP adalah:




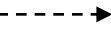
- 1) Urutan pekerjaan yang logis
 Harus di susun pekerjaan apa yang harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum pekerjaan lain dimulai, dan pekerjaan apa yang kemudian mengikutinya.
- 2) Taksiran waktu penyelesaian setiap pekerjaan
 Biasanya memakai waktu rata-rata berdasarkan pengalaman. Kalau proyek itu baru sama sekali biasanya diberi *slack*/kelonggaran waktu.
- 3) Biaya untuk mempercepat pekerjaan

Ini berguna apabila pekerjaan-pekerjaan yang berada di jalur kritis ingin dipercepat agar seluruh proyek segera selesai, misalnya: biaya-biaya lembur, biaya menambah tenaga kerja dan sebagainya.

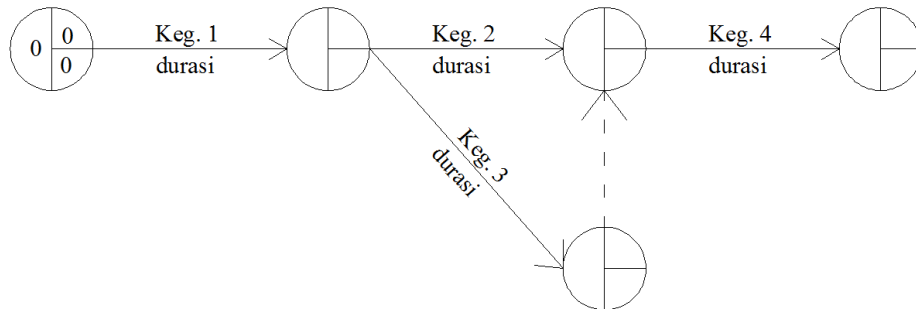
Sebelum menggambar diagram NWP ada beberapa hal yang perlu kita perhatikan , antara lain :

- Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak mempunyai arti, dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya duration maupun resources yang dibutuhkan.
- Aktivitas-aktivitas apa yang mendahului dan aktivitas-aktivitas apa yang mengikuti.
- Aktivitas-aktivitas apa yang dapat dilakukan bersama-sama.
- Aktivitas-aktivitas itu dibatasi mulai dan selesai.
- Waktu, biaya dan resources yang dibutuhkan dari aktivitas-aktivitas itu.
- Kepala anak panah menjadi arah pedoman dari setiap kegiatan.
- Besar kecilnya lingkaran juga tidak mempunyai arti dalam pengertian penting tidaknya suatu peristiwa.

Simbol-simbol yang digunakan dalam penggambaran NWP :

- 1)  (*Arrow*), bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktivitas atau kegiatan. Ini adalah suatu pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu . Anak panah selalu menghubungkan dua buah *nodes*, arah dari anak-panah itu menunjukkan urutan-urutan waktu.
- 2)  (*Node/event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian. Ini adalah permulaan atau akhir dari suatu atau lebih kegiatan-kegiatan.
- 3)  (*Double arrow*), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasi kritis (*critical path*).
- 4)  (*Dummy*), bentuknya merupakan anak panah terputus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktivitas semu. Yang dimaksud dengan aktivitas

semu adalah aktifitas yang tidak menekan waktu. Aktifitas semu hanya boleh dipakai bila tidak ada cara lain untuk menggambarkan hubungan-hubungan aktifitas yang ada dalam suatu *network*.



Gambar 2.38 *Sketsa Network Planing (NWP)*

b. Kurva S

Kurva S dibuat berdasarkan bobot setiap pekerjaan dan lama waktu yang diperlukan untuk setiap pekerjaan dari tahap pertama sampai berakhirnya pekerjaan tersebut. Bobot pekerjaan merupakan persentase yang didapat dari perbandingan antara harga pekerjaan dengan harga total keseluruhan dari jumlah harga penawaran.

c. Barchart

Diagram barchart mempunyai hubungan yang erat dengan network planning. Barchart ditunjukkan dengan diagram batang yang dapat menunjukkan lamanya waktu pelaksanaan. Disamping itu juga dapat menunjukkan lamanya pemakaian alat dan bahan-bahan yang diperlukan serta pengaturan hal-hal tersebut tidak saling mengganggu pelaksanaan pekerjaan.

2.10.5 Analisa satuan harga pekerjaan

Yang dimaksud dengan analisa satuan harga adalah perhitungan-perhitungan biaya yang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam satu proyek. Guna dari satuan harga ini agar kita dapat mengetahui harga-harga satuan dari tiap-tiap pekerjaan yang ada. Dari harga-harga yang terdapat didalam analisa satuan harga ini nantinya akan didapat harga keseluruhan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada yang akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya. Adapun yang termasuk didalam analisa satuan harga ini adalah:

a. Analisa harga satuan pekerjaan

Analisa harga satuan pekerjaan adalah perhitungan-perhitungan biaya pada setiap pekerjaan yang ada pada suatu proyek. Dalam menghitung analisa satuan pekerjaan, sangatlah erat hubungan dengan daftar harga satuan bahan dan upah.

b. Analisa satuan alat berat

Perhitungan analisa satuan alat berat dilakukan dengan dua pendekatan yaitu:

- 1) Pendekatan *on the job*, yaitu pendekatan yang dimaksudkan untuk mendapatkan hasil perhitungan produksi berdasarkan data yang diperoleh dari data hasil lapangan dan data ini biasanya didapat dari pengamatan observasi lapangan.
- 2) Pendekatan *off the job*, yaitu pendekatan yang dipakai untuk memperoleh hasil perhitungan berdasarkan standar yang biasanya ditetapkan oleh pabrik pembuat.

2.10.6 Perhitungan volume pekerjaan

Volume pekerjaan adalah jumlah keseluruhan dari banyaknya (kapasitas) suatu pekerjaan yang ada. Volume pekerjaan berguna untuk menunjukkan banyak suatu kuantitas dari suatu pekerjaan agar didapat harga satuan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada didalam suatu proyek.

2.10.7 Daftar harga satuan bahan dan upah

Daftar satuan bahan dan upah adalah harga yang dikeluarkan oleh Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga, tempat proyek ini berada karena tidak setiap daerah memiliki standar yang sama. Penggunaan daftar upah ini juga merupakan pedoman untuk menghitung rancangan anggaran biaya pekerjaan dan upah yang dipakai kontraktor. Adapun harga satuan bahan dan upah adalah suatu harga yang termasuk pajak-pajak.

2.10.8 Rekapitulasi biaya

Rekapitulasi biaya adalah biaya total yang diperlukan setelah menghitung dan mengalikannya dengan harga satuan yang ada. Dalam rekapitulasi terlampir pokok-pokok pekerjaan beserta biayanya.